



# 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

Strengthening Water Supply System Adaptive Capacity to  
Climate Change in Central Region



主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所  
執行單位：國立交通大學

中華民國 101 年 12 月

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

Strengthening Water Supply System Adaptive Capacity to Climate  
Change in Central Region

主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所  
執行單位：國立交通大學  
編著者：張良正 教授

# 目 錄

目 錄 .....	目-1
表目錄 .....	表-1
圖目錄 .....	圖-1
摘要 .....	摘-1
Abstract.....	A-1
結論與建議 .....	結-1
第壹章、前言 .....	1-1
一、計畫緣起與目的 .....	1-1
二、工作範圍 .....	1-1
三、工作項目與內容 .....	1-2
四、工作流程 .....	1-4
五、前期研究成果 .....	1-6
第貳章、相關文獻資料蒐集與探討 .....	2-1
一、基本資料蒐集與探討 .....	2-1
二、國內相關文獻蒐集與探討 .....	2-41
三、國外相關文獻蒐集與探討 .....	2-43
第參章、水文因子情境設定及分析 .....	3-1
一、未來水資源需求情境設定 .....	3-1
二、水資源相關水環境因子變動趨勢分析 .....	3-24
三、可運用水源分析 .....	3-58
第肆章、氣候變遷之衝擊評估 .....	4-1
一、氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢評估 .....	4-1
二、氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估 .....	4-59
第伍章、脆弱度及風險分析 .....	5-1
一、各標的用水面臨缺水的災害脆弱分析 .....	5-1

二、氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析.....	5-7
三、面對缺水之災害風險量化.....	5-67
四、氣候變遷下各供水分區缺水風險地圖製作.....	5-67
第陸章、擬定及評估因應氣候變遷之水資源強化策略.....	6-1
一、水資源調適策略研擬原則.....	6-1
二、中部區域缺水因素探討.....	6-16
三、傳統水資源方案與新興水源方案.....	6-17
四、備援供水系統方案.....	6-18
五、各標的用水節水方案供水系統方案.....	6-18
第柒章、訂定水資源調適計畫.....	7-1
一、中部地區水資源經理基本計畫.....	7-2
二、調適方案初步規劃.....	7-8
三、調適方案所需費用估算.....	7-9
四、零方案面對缺水之災害風險分析.....	7-10
五、調適方案面對缺水之災害風險分析.....	7-11
六、調適方案之效益評估.....	7-12
七、水資源調適策略路線圖訂定.....	7-15
八、調適策略組合建議.....	7-22
九、水資源調適策略檢核機制.....	7-23
十、因應情境改變之調適方案檢討.....	7-24
參考文獻	
附錄一 歷次審查會議審查意見及處理情形.....	附 1-1
附錄二 中部區域各鄉鎮區人口密度統計表.....	附 2-1
附錄三 中部區域各鄉鎮區耕地面積統計表.....	附 3-1
附錄四 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表.....	附 4-1
附錄五 中部區域各雨量站降雨特性趨勢分析結果.....	附 5-1

附錄六	灌溉需水量模式.....	附 6-1
附錄七	中部區域各灌區灌溉需水量改變率.....	附 7-1

## 表目錄

表 1-1	前期計畫方法論比較一覽表.....	1-7
表 2-1	中部區域重要流量站說明.....	2-7
表 2-2	中部區域各河系水源點入流量推估.....	2-8
表 2-3	中部區域現有水資源設施基本資料.....	2-11
表 2-4	永和山水庫運轉規線表.....	2-17
表 2-5	永和山水庫高程-容量數值表.....	2-18
表 2-6	明德水庫運轉規線表.....	2-19
表 2-7	明德水庫高程-容量數值表.....	2-20
表 2-8	鯉魚潭水庫運轉規線表.....	2-21
表 2-9	鯉魚潭水庫高程-容量數值表.....	2-22
表 2-10	霧社水庫運轉規線表.....	2-23
表 2-11	霧社水庫高程-容量數值表.....	2-24
表 2-12	日月潭水庫運轉規線表.....	2-25
表 2-13	日月潭水庫高程-容量數值表.....	2-26
表 2-14	德基水庫高程-面積-容量數值表.....	2-27
表 2-15	德基水庫運轉規線表.....	2-27
表 2-16	中部區域地面水淨水場設計處理能力表.....	2-30
表 2-17	中部區域歷年生活用水量.....	2-37
表 2-18	中部區域歷年工業用水量.....	2-38
表 2-19	中部區域灌區-灌圳對應表.....	2-39
表 2-20	中部區域各灌區歷年農業用水量.....	2-40
表 2-21	「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計畫」分析結果統整表.....	2-42
表 2-22	「強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」分析結果統整表.....	2-43

表 2-23	各國自然環境條件與我國之比較.....	2-47
表 2-24	各國之適應對策.....	2-50
表 2-25	穩定水源之供給面與需求量適應措施 .....	2-51
表 2-26	美國因應異常氣候水資源策略與措施 .....	2-52
表 2-27	日本水資源管理行政機關.....	2-55
表 2-28	日本國家水資源政策綱領策略與措施架構表（綜合治水） .....	2-56
表 2-29	日本國家水資源政策綱領策略與措施架構表（水資源經理） .....	2-57
表 2-30	日本國家水資源政策綱領策略與措施架構表（綜合土砂管理） .....	2-58
表 2-31	澳洲國家水資源政策綱領下之實施計畫彙整表 .....	2-61
表 2-32	中國強化水資源管理具體行動計畫.....	2-64
表 2-33	各國調適策略綜整表.....	2-65
表 3-1	中部區域目標年人口數、自來水抄見率及自來水普及率 ....	3-2
表 3-2	中部區域各縣市目標年生活用水量推估成果 .....	3-15
表 3-3	中部區域目標年(民國 120)年工業用水自來水系統用水推估量 .....	3-18
表 3-4	中部區域雨量站概況.....	3-28
表 3-5	南庄(1)站之全年度降雨特性趨勢分析結果.....	3-31
表 3-6	中港溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果 .....	3-32
表 3-7	後龍溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果 .....	3-32
表 3-8	大安溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果 .....	3-34
表 3-9	大甲溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果 .....	3-35
表 3-10	烏溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果 .....	3-36
表 3-11	濁水溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果.....	3-37

表 3-12	中部流域之豐水期降雨特性趨勢分析結果 .....	3-39
表 3-13	中部區域各流域之枯水期降雨特性趨勢分析結果 .....	3-41
表 3-14	中部區域溫度趨勢分析結果.....	3-43
表 3-15	中部區域集水區之全年度降雨量變異點分析結果 .....	3-44
表 3-16	中部區域集水區之全年度降雨強度變異點分析結果 .....	3-46
表 3-17	中部區域集水區之全年度連續不降雨日變異點分析結果	3-48
表 3-18	中部區域集水區之豐水期降雨量變異點分析結果 .....	3-49
表 3-19	中部區域集水區之豐水期降雨強度變異點分析結果 .....	3-50
表 3-20	中部區域集水區之豐水期連續不降雨日變異點分析結果	3-51
表 3-22	中部區域集水區之枯水期雨量變異點分析結果 .....	3-53
表 3-23	中部區域集水區之枯水期降雨強度變異點分析結果 .....	3-54
表 3-24	中部區域集水區之枯水期連續不降雨日變異點分析結果	3-55
表 3-25	中部區域氣象站之變異點分析結果.....	3-57
表 3-26	中部區域公共供水潛能量推估表.....	3-59
表 3-27	中部區域供水系統供水能力推估結果 .....	3-71
表 3-28	土地利用分類說明.....	3-74
表 3-29	中部區域各縣市雨量站徐昇氏權重.....	3-80
表 3-30	中部區域各縣市歷年平均降雨量表.....	3-80
表 3-31	水稻田入滲係數值.....	3-81
表 3-32	降雨入滲補注係數值範圍.....	3-82
表 3-33	中部區域地下水分區推估結果.....	3-84
表 4-1	IPCC 網站提供之 GCM 模式資料綜整 .....	4-7
表 4-2	中部區域主要水源設施及其對應網格編號 .....	4-10
表 4-3	中部區域不同氣候情境下豐枯雨量變化趨勢綜合分析 .....	4-29
表 4-4	土壤分類對照表.....	4-34
表 4-5	不同土壤分類與土地利用情況下之 CN2 建議值.....	4-35

表 4-6	AM1 與 AM2 值.....	4-35
表 4-7	各緯度每月日照時數.....	4-38
表 4-8	中部區域各站之統計與氣象資料.....	4-40
表 4-9	中部區域 GWLF 模擬參數之設定 .....	4-41
表 4-10	中部區域 GWLF 模擬分析成果 .....	4-41
表 4-11	中部區域不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢綜合分析 ...	4-58
表 4-12	中部區域地表水公共供水潛能量氣候變遷衝擊分析 .....	4-60
表 4-13	苗栗縣及台中市氣候變遷缺口分析結果 .....	4-66
表 4-14	彰化縣及雲林縣氣候變遷缺口分析結果 .....	4-67
表 4-15	南投縣氣候變遷缺口分析結果.....	4-68
表 4-16	回復力級分分級表.....	4-70
表 4-17	中部區域水資源設施衝擊級分評估結果 .....	4-70
表 5-1	生活用水脆弱度級分分級表.....	5-2
表 5-2	生活用水及工業用水缺水危害度分級標準 .....	5-3
表 5-3	工業用水脆弱度級分分級表.....	5-4
表 5-4	農業用水脆弱度級分分級表.....	5-5
表 5-5	農業用水危害度分級標準.....	5-6
表 5-6	相關法規之水壓規定.....	5-10
表 5-7	EPANET 2.0 模式輸入元件說明表.....	5-16
表 5-8	EPANET 2.0 模式閘栓種類與功能說明表.....	5-18
表 5-9	苗栗地區供水系統各加壓站運轉基本資料表 .....	5-21
表 5-10	苗栗管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表	5-21
表 5-11	台中地區台中供水系統主要加壓站運轉基本資料表 .....	5-24
表 5-12	台中管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表	5-24
表 5-13	南投地區供水系統各加壓站運轉基本資料表 .....	5-27
表 5-14	南投管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表	5-27

表 5-15	彰化地區彰化供水系統各加壓站運轉基本資料表 .....	5-30
表 5-16	彰化管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表	5-31
表 5-17	雲林地區供水系統各加壓站運轉基本資料表 .....	5-34
表 5-18	雲林管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表	5-34
表 5-19	苗栗縣之不同缺水情況之分佈矩陣表 .....	5-35
表 5-20	台中市之不同缺水情況之分佈矩陣表 .....	5-36
表 5-21	南投縣之不同缺水情況之分佈矩陣表 .....	5-37
表 5-22	彰化縣之不同缺水情況之分佈矩陣表 .....	5-37
表 5-23	雲林縣之不同缺水情況之分佈矩陣表 .....	5-38
表 5-24	苗栗縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD).....	5-46
表 5-25	台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD).....	5-47
表 5-26	彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD).....	5-49
表 5-27	南投縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD).....	5-51
表 5-28	雲林縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD).....	5-52
表 5-29	苗栗縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD 分級) .....	5-53
表 5-30	台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD 分級) .....	5-54
表 5-31	彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD 分級) .....	5-56
表 5-32	南投縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果	

	(DPD 分級) .....	5-58
表 5-33	雲林縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (DPD 分級) .....	5-59
表 5-34	苗栗縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (SI) .....	5-60
表 5-35	台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (SI) .....	5-61
表 5-36	彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (SI) .....	5-63
表 5-37	南投縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (SI) .....	5-65
表 5-38	雲林縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果 (SI) .....	5-66
表 5-39	不同風險地圖展示案例內容說明 .....	5-70
表 6-1	水資源調適措施與對應的行動計畫 .....	6-6
表 6-2	中部區域水資源經理基本計畫各實施方案或計畫經費近程需 求表 .....	6-13
表 6-3	中部區域水資源經理基本計畫各實施方案或計畫經費中程需 求表 .....	6-15
表 6-4	中部區域水資源經理基本計畫各實施方案或計畫經費長程需 求表 .....	6-15
表 7-1	苗栗縣及台中市考量經理計畫下之氣候變遷缺口分析結果	7-5
表 7-2	彰化縣及雲林縣考量經理計畫下之氣候變遷缺口分析結果	7-6
表 7-3	南投縣氣候考量經理計畫下之變遷缺口分析結果 .....	7-7
表 7-4	中部區域調適方案研擬列表 .....	7-8
表 7-5	中部區域調適方案所需費用列表 .....	7-9

表 7-6	國內各業歷年生產毛額列表.....	7-13
表 7-7	中部區域各調適方案效益估算表.....	7-15
表 7-8	台中地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣表 .....	7-20
表 7-9	台中地區生活及工業用水調適方案之多準則評估排序 .....	7-20
表 7-10	彰化地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣表 ....	7-21
表 7-11	彰化地區生活及工業用水調適方案之多準則評估排序 ....	7-21
表 7-12	雲林地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣表 ....	7-22
表 7-13	雲林地區生活及工業用水調適方案之多準則評估排序 ....	7-22

## 圖目錄

圖 1-1	計畫工作範圍圖 .....	1-2
圖 1-2	工作流程圖 .....	1-5
圖 2-1	中部區域選用雨量站分佈圖 .....	2-5
圖 2-2	中部區域選用流量站分佈圖 .....	2-6
圖 2-3	中部區域現有水資源設施位置圖 .....	2-12
圖 2-4	苗栗地區水源調配系統圖 .....	2-13
圖 2-5	台中地區水源調配系統圖 .....	2-14
圖 2-6	彰、雲、投地區水源調配系統圖 .....	2-15
圖 2-7	苗栗地區供水系統及管網圖 .....	2-31
圖 2-8	台中地區供水系統及管網圖 .....	2-32
圖 2-9	南投地區供水系統及管網圖 .....	2-33
圖 2-10	彰化地區供水系統及管網圖 .....	2-34
圖 2-11	雲林地區供水系統及管網圖 .....	2-35
圖 2-12	新世紀水資源政策綱領主軸與範疇架構圖 .....	2-48
圖 2-13	英國水資源管理行政機關組織體系 .....	2-59
圖 2-14	英國國家水資源政策綱領策略與措施架構圖 .....	2-59
圖 2-15	英國國家水資源政策綱領下之實施計畫架構 .....	2-60
圖 2-16	澳洲國家水資源政策綱領策略與措施架構圖 .....	2-61
圖 2-17	澳洲水資源政策綱領與實施計畫關係圖 .....	2-62
圖 3-1	苗栗地區人均 GDP 與 LPCD 之迴歸分析 .....	3-3
圖 3-2	台中地區人均 GDP 與 LPCD 之迴歸分析 .....	3-4
圖 3-3	彰化地區人均 GDP 與 LPCD 之迴歸分析 .....	3-4
圖 3-4	南投地區人均 GDP 與 LPCD 之迴歸分析 .....	3-4
圖 3-5	雲林地區人均 GDP 與 LPCD 之迴歸分析 .....	3-5
圖 3-6	苗栗地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析 .....	3-6

圖 3-7	台中地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析 .....	3-6
圖 3-8	彰化地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析 .....	3-6
圖 3-9	南投地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析 .....	3-7
圖 3-10	雲林地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析 .....	3-7
圖 3-11	GFCM21 之 A1B 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-9
圖 3-12	MIMR 之 A1B 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-9
圖 3-13	CSMK35 之 A1B 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-10
圖 3-14	MPEH5 之 A1B 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-10
圖 3-15	MRCGCM 之 A1B 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-10
圖 3-16	GFCM21 之 A2 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-11
圖 3-17	MIMR 之 A2 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-11
圖 3-18	CSMK35 之 A2 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-11
圖 3-19	MPEH5 之 A2 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-12
圖 3-20	MRCGCM 之 A2 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-12
圖 3-21	GFCM21 之 B1 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-12
圖 3-22	MIMR 之 B1 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-13
圖 3-23	CSMK35 之 B1 情境下修正後之每人每日用水量 .....	3-13
圖 3-24	MPEH5 之 B1 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-13
圖 3-25	MRCGCM 之 B1 情境下修正後之每人每日用水量.....	3-14
圖 3-26	苗栗地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表 ....	3-15
圖 3-27	台中地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表 ....	3-16
圖 3-28	彰化地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表 ....	3-16
圖 3-29	南投地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表 ....	3-16
圖 3-30	雲林地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表 ....	3-17
圖 3-31	氣溫與降雨的改變造成灌溉需水量改變示意圖 .....	3-18
圖 3-32	中港溪上游灌區歷年計畫用水量箱型圖 .....	3-20

圖 3-33	老田寮上游灌區歷年計畫用水量箱型圖 .....	3-20
圖 3-34	後龍溪灌區歷年計畫用水量箱型圖.....	3-20
圖 3-35	水尾子圳歷年計畫用水量箱型圖.....	3-20
圖 3-36	鯉魚潭圳歷年計畫用水量箱型圖.....	3-21
圖 3-37	三灌圳歷年計畫用水量箱型圖.....	3-21
圖 3-38	大安溪灌區歷年計畫用水量箱型圖.....	3-21
圖 3-39	后里圳灌區歷年計畫用水量箱型圖.....	3-21
圖 3-40	石岡壩上游灌區歷年計畫用水量箱型圖 .....	3-22
圖 3-41	石岡壩下游灌區歷年計畫用水量箱型圖 .....	3-22
圖 3-42	彰化灌區歷年計畫用水量箱型圖.....	3-22
圖 3-43	雲林灌區歷年計畫用水量箱型圖.....	3-22
圖 3-44	A2 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率 .....	3-23
圖 3-45	A1B 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率.....	3-23
圖 3-46	B1 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率.....	3-23
圖 3-47	南庄(1)測站全年度雨量趨勢分析結果.....	3-30
圖 3-48	南庄(1)測站全年度降雨強度趨勢分析結果.....	3-31
圖 3-49	南庄(1)測站全年度連續不降雨日趨勢分析結果.....	3-31
圖 3-50	中部區域水文氣象站變異點分析流程 .....	3-43
圖 3-51	中部區域公共供水潛能量分析結果.....	3-59
圖 3-52	水資源調配系統動力模型的建構流程 .....	3-63
圖 3-53	典型水資源供需示意圖 .....	3-63
圖 3-54	典型水資源供需因果回饋圖.....	3-64
圖 3-55	典型水資源供需系統動力流圖.....	3-64
圖 3-56	中部區域水源調配模式架構圖.....	3-66
圖 3-57	苗栗系統水源調配系統.....	3-68
圖 3-58	台中系統水源調配系統.....	3-69

圖 3-59	彰、雲、投系統水源調配系統.....	3-70
圖 3-60	台灣區域地下水分區圖.....	3-73
圖 3-61	GIS 入滲量推估流程圖.....	3-74
圖 3-62	中部區域各縣市土地利用分佈圖.....	3-77
圖 3-63	中部區域各縣市土壤質地分佈圖.....	3-78
圖 3-64	中部區域各縣市雨量站徐昇氏多邊形圖.....	3-79
圖 3-65	苗栗地區地下水潛能量推估結果.....	3-83
圖 3-66	台中地區地下水潛能量推估結果.....	3-83
圖 3-67	濁水溪沖積扇地下水潛能量推估結果.....	3-83
圖 4-1	氣候變遷衝擊評估流程圖.....	4-1
圖 4-2	各種 SRES 情境之不同溫室氣體排放情境.....	4-4
圖 4-3	各種 SRES 情境不同溫室氣體排放情境溫度上升趨勢.....	4-5
圖 4-4	NCDR 情境空間網格示意圖.....	4-8
圖 4-5	TCCIP 採用-BCSD 降雨統計降尺度分析流程.....	4-9
圖 4-6	模擬結果與歷年東亞季風表現較一致之 GCM.....	4-11
圖 4-7	本計畫採用 GCM 於豐枯水期之變化特性.....	4-12
圖 4-8	田美堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-16
圖 4-9	明德水庫集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-17
圖 4-10	打鹿坑堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-18
圖 4-11	士林堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-19
圖 4-12	鯉魚潭集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-20
圖 4-13	德基水庫集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-21
圖 4-14	大旗堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-22
圖 4-15	烏嘴潭集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-23
圖 4-16	霧社水庫集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-24
圖 4-17	水里溪集水區豐、枯水期情境雨量變化情況.....	4-25

圖 4-18	栗栖溪集水區豐、枯水期情境雨量變化情況 .....	4-26
圖 4-19	陳有蘭溪集水區豐、枯水期情境雨量變化情況 .....	4-27
圖 4-20	桶頭堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況 .....	4-28
圖 4-21	GWLF 模式水平衡關係示意圖 .....	4-32
圖 4-22	田美堰模擬結果.....	4-42
圖 4-23	打鹿坑堰模擬結果.....	4-42
圖 4-24	明德水庫模擬結果.....	4-42
圖 4-25	士林堰模擬結果.....	4-43
圖 4-26	鯉魚潭水庫模擬結果.....	4-43
圖 4-27	德基水庫模擬結果.....	4-43
圖 4-28	水里溪模擬結果.....	4-44
圖 4-29	桶頭堰模擬結果.....	4-44
圖 4-30	霧社水庫模擬結果.....	4-44
圖 4-31	栗栖溪模擬結果.....	4-45
圖 4-32	陳有蘭溪模擬結果.....	4-45
圖 4-33	烏溪模擬結果.....	4-45
圖 4-34	田美堰不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-52
圖 4-35	打鹿坑堰不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-52
圖 4-36	士林堰不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-53
圖 4-37	德基水庫不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-53
圖 4-38	水里溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-54
圖 4-39	桶頭堰在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-54
圖 4-40	明德水庫在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-55
圖 4-41	鯉魚潭水庫在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-55
圖 4-42	霧社水庫在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-56
圖 4-43	栗栖溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-56

圖 4-44	陳有蘭溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-57
圖 4-45	烏溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢 .....	4-57
圖 4-46	中部區域 A1B 情境下地表水公共供水潛能量分析結果...	4-61
圖 4-47	中部區域 A2 情境下地表水公共供水潛能量分析結果 .....	4-61
圖 4-48	中部區域 B1 情境下地表水公共供水潛能量分析結果.....	4-61
圖 4-49	苗栗地區氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果	4-72
圖 4-50	台中地區氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果	4-72
圖 4-51	濁水溪沖積扇氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果 .....	4-73
圖 5-1	台灣地區各鄉鎮市區人口密度超越機率曲線 .....	5-2
圖 5-2	台灣地區各鄉鎮市區工業生產毛額超越機率曲線 .....	5-4
圖 5-3	台灣地區各鄉鎮市區水田面積超越機率曲線 .....	5-5
圖 5-4	水利會面臨不同程度乾旱之管理方式 .....	5-6
圖 5-5	氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析流程圖 .....	5-7
圖 5-6	管網分析流程圖 .....	5-14
圖 5-7	苗栗地區現有管網設備圖 .....	5-20
圖 5-8	台中地區現有管網設備圖 .....	5-23
圖 5-9	南投地區現有管網設備圖 .....	5-26
圖 5-10	彰化地區現有管網設備圖 .....	5-29
圖 5-11	雲林地區現有管網設備圖 .....	5-33
圖 5-12	中部區域水源供應 90% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-39
圖 5-13	中部區域水源供應 80% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-40
圖 5-14	中部區域水源供應 70% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-40
圖 5-15	中部區域水源供應 60% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-41
圖 5-16	中部區域水源供應 50% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-41
圖 5-17	中部區域水源供應 40% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-42

圖 5-18	中部區域水源供應 30% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-42
圖 5-19	中部區域水源供應 20% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-43
圖 5-20	中部區域水源供應 10% 下之各鄉鎮缺水分佈地圖 .....	5-43
圖 5-21	缺水風險矩陣示意圖 .....	5-67
圖 5-22	中部區域現況供水系統未考量氣候變遷之生活用水缺水風險地圖 .....	5-71
圖 5-23	中部區域現況供水系統未考量氣候變遷之工業用水缺水風險地圖 .....	5-72
圖 5-24	中部區域現況供水系統未考量氣候變遷之農業用水缺水風險地圖 .....	5-73
圖 5-25	中部區域現況供水系統 A1B 最劣情況之生活用水缺水風險地圖 .....	5-74
圖 5-26	中部區域現況供水系統 A1B 最劣情況之工業用水缺水風險地圖 .....	5-75
圖 5-27	中部區域現況供水系統 A1B 最劣情況之農業用水缺水風險地圖 .....	5-76
圖 5-28	中部區域有經理計畫下之生活用水缺水風險地圖 .....	5-77
圖 5-29	中部區域有經理計畫下之工業用水缺水風險地圖 .....	5-78
圖 5-30	中部區域有經理計畫之農業用水缺水風險地圖 .....	5-79
圖 5-31	中部區域有經理計畫 A1B 最劣情況之生活用水缺水風險地圖 .....	5-80
圖 5-32	中部區域有經理計畫 A1B 最劣情況之工業用水缺水風險地圖 .....	5-81
圖 5-33	中部區域有經理計畫 A1B 最劣情況之農業用水缺水風險地圖 .....	5-82
圖 6-1	台灣調適工作架構 .....	6-2

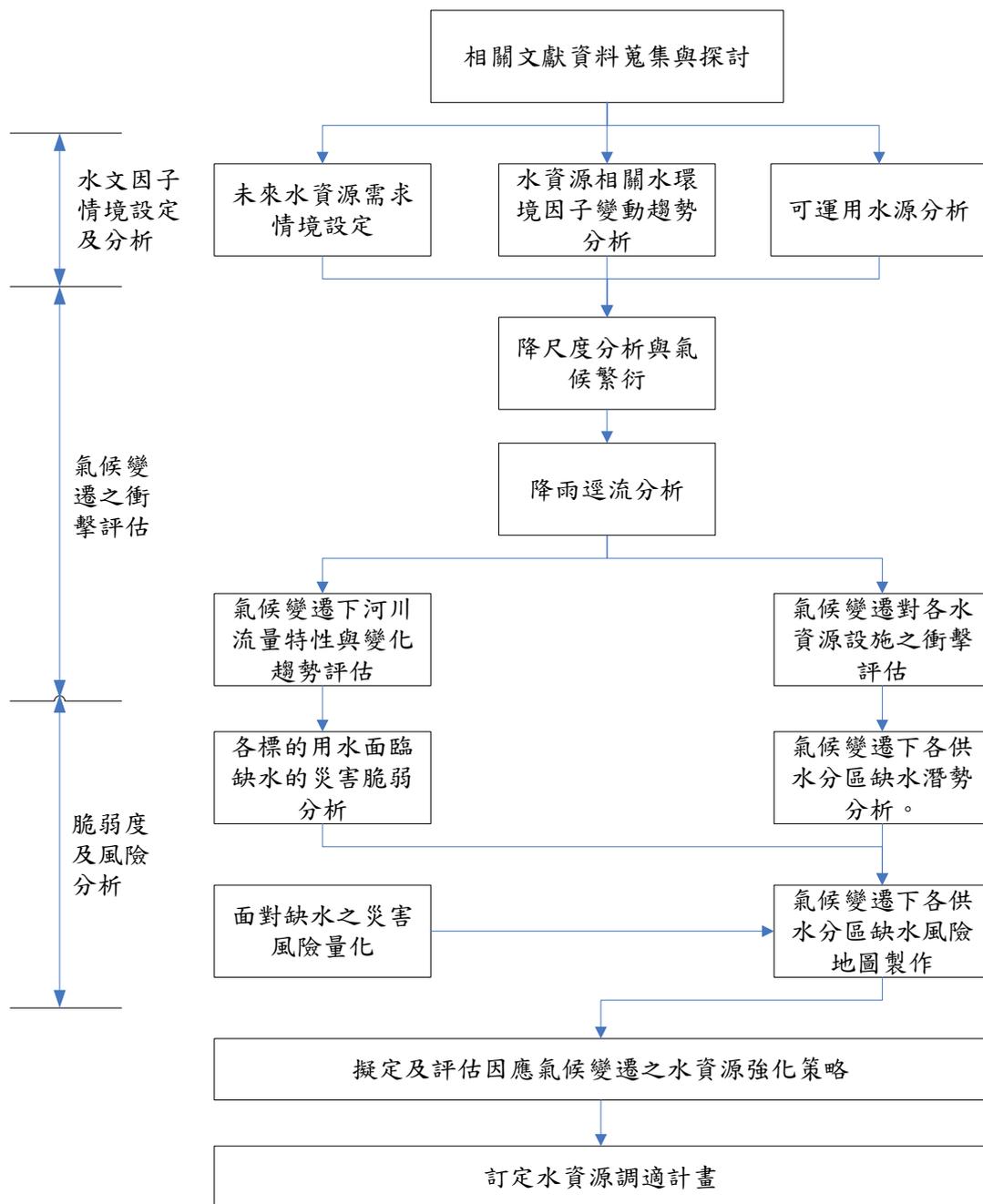
圖 7-1	水資源調適計畫訂定分析流程圖.....	7-1
圖 7-2	中部水資源分區調適方案檢核機制及方案修正流程 .....	7-24

## 摘要

本計畫目的為分析中部區域之各用水對象的災害脆弱度，以及界定未來中部區域氣候變遷與社會經濟的情境，藉以瞭解有無氣候變遷之情況下，各標的用水的衝擊程度與產生的災害風險，並在確保國民安全用水與可接受一定風險的前提下，研擬台灣中部區域適應氣候變遷之因應計畫，以作為相關單位決策之參考。以下針對計畫內容進行摘要說明。

### 一、前言

本計畫整體工作流程如摘圖 1所示，透過相關文獻資料蒐集與探討，了解中部區域之水資源系統與氣候變遷分析方法，並估算中部區域未來水資源需求量、水環境因子趨勢變動分析及可運用水量，完成水文因子情境設定及分析；再配合國家災害防救科技中心解析度25公里x25公里之各大氣環流模式降尺度分析結果，進行雨量及溫度氣候資料繁衍，並透過降雨逕流分析，以探討氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢評估及氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估；根據前述分析結果與中部區域社會經濟資料，進行各標的用水之災害脆弱分析(脆弱度)與各供水分區缺水潛勢分析(危害度)，並參考各標的用水的缺水忍受度與台灣地區社會經濟統計資料，進行脆弱度、危害度及災害風險分級量化，以繪製各供水分區缺水風險地圖；根據各供水分區缺水風險地圖，研擬各區域之水資源強化策略及訂定水資源調適計畫。



摘圖 1 工作流程圖

## 二、相關文獻資料蒐集與探討

本計畫針對氣候變遷對水資源衝擊評估、脆弱度及調適策略等相關文獻進行蒐集與探討。其中氣候變遷對水資源衝擊評估國內相關文獻有經濟部水利署民國96~97年「強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」及經濟部水利署民國99~100年「強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能

力研究計畫」，國外文獻有Sun等人(2008)、Feng and Huang(2008)、Feng等人(2008)及Fan等人(2009)。脆弱度蒐集Burton等人(1978)、Blaikie等人(1994)、Cutter(1996)等人、Sutherst等人(2000)、Pelling(2003)、IPCC(2001)、Adger等人(2004)、Schneiderbauer和Ehrlich(2004)及Schmidt-Thome(2005)將各因子區分為潛在損害(damage potential)及妥善處理能力(coping capacity)對脆弱度之定義。另亦針對我國及中國、美國、日本、英國及澳洲等地區因應氣候變遷之調適策略進行比較說明，比較結果詳見摘表1。

### 三、水文因子情境設定及分析

#### (一) 未來水資源需求情境設定

本計畫生活用水量推估考量氣候變遷對社會發展(GDP)及溫度變化之影響；工業用水量引用水利署推估量，不考量氣候變遷對其影響；農業用水量採TaiWAP模式分析氣候變遷造成之影響。中部區域各縣市目標年(民國120年)生活用水量推估成果如摘表2，結果顯示，在A1B氣候變遷情境下生活用水量相較於無氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區成長每日3.4萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日5.9~7.2萬立方公尺，南投地區成長每日3.6萬立方公尺，雲林地區成長每日5.4萬立方公尺；在A2氣候變遷情境下生活用水量相較於無氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區考成長每日6.4萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日7.9~8.7萬立方公尺，南投地區成長每日6.8萬立方公尺，雲林地區生活用水量成長每日10.3萬立方公尺；在B1氣候變遷情境下生活用水量相較於無氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區成長每日1.9萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日1.3~6.1萬立方公尺，南投地區成

長每日2萬立方公尺，雲林地區成長每日3.1萬立方公尺。農業用水推估結果以中港溪上游灌區A1B情境為例，各月份氣候變遷下灌溉需水量相較於無氣候變遷之灌溉需水量之改變率分析結果如摘圖 2所示。中港溪上游灌區需求量改變率介於-1~2.72%，中部區域各農業灌區需求量改變率介於-1~3.35%。

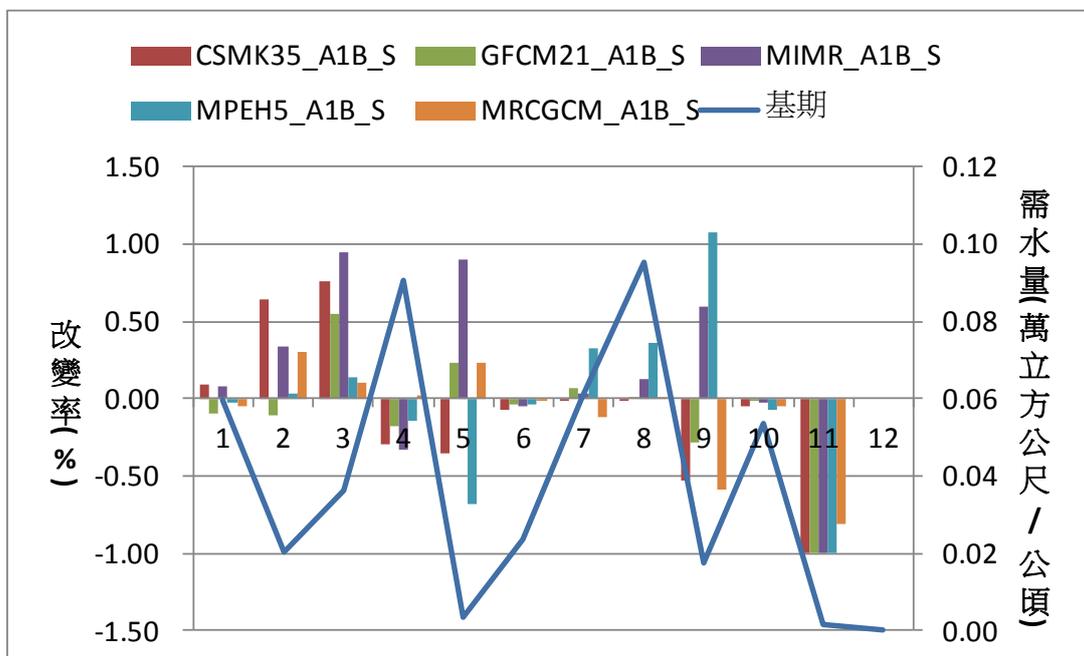
摘表 1 各國調適策略綜整表

	主軸	策略或措施	中國	美國	日本	英國	澳洲	台灣
調適策略	政策面	節約用水(如節水宣導、收費制度調整、節水標章)	●	●	●	●	●	●
		合理用水(提升用水回收率)	●	●	●	●	●	●
		促進綠建築或綠色基礎設施多重效益		●				
		審查修訂法令(如節水標準訂定、水權分配制度、水權轉讓制度)	●	●	●	●	●	●
	工程面	自來水減漏	●	●	●	●	●	●
		多元化水源開發(如水庫、海淡、雨水儲集及水再生利用)	●	●	●	●	●	●
		緊急應變措施(如備援水源、緊急供水機制等)	●	●	●	●	●	●
		水質改善(如降雨初期濁度削減、底泥浚淤、高級淨水處理設施、保護水域水質)	●		●	●	●	●
	管理面	區域水源調度	●	●	●	●	●	●
		乾旱既有設施有效活用(如標的用水調配、乾旱用水計畫、水交易市場)		●	●	●	●	●
		生態系統管理(如濕地管理、生態緩衝區設置、海洋酸化管理)	●	●		●	●	
		土地開發利用管理	●	●				
		水土資源保育(如土砂管理、集水區保育及地下水涵養)		●	●			●

摘表 2 中部區域各縣市目標年生活用水量推估成果

單位：萬立方公尺/日

情境	GCM 模式	苗栗	台中	彰化	南投	雲林
A1B	GFCM21	18.9	116.2	42.6	19.8	29.1
	MIMR	18.9	116.2	43.1	19.8	29.1
	CSMK35	18.9	116.2	42.7	19.8	29.1
	MPEH5	18.9	116.2	42.2	19.8	29.1
	MRCGCM	18.9	116.2	41.8	19.8	29.1
A2	GFCM21	21.9	116.2	44.2	23.0	34.0
	MIMR	21.9	116.2	44.6	23.0	34.0
	CSMK35	21.9	116.2	44.4	23.0	34.0
	MPEH5	21.9	116.2	43.8	23.0	34.0
	MRCGCM	21.9	116.2	43.6	23.0	34.0
B1	GFCM21	17.4	116.2	41.7	18.2	26.8
	MIMR	17.4	116.2	42.0	18.2	26.8
	CSMK35	17.4	116.2	41.6	18.2	26.8
	MPEH5	17.4	116.2	40.9	18.2	26.8
	MRCGCM	17.4	116.2	40.9	18.2	26.8



摘圖 2 A1B 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率

## (二)水資源相關水環境因子變動趨勢分析

為探討水環境因子觀測資料是否有明顯之變動趨勢，本計畫以三種統計方法分析降雨量、降雨強度和連續不降雨日數三種降雨特性之變動趨勢，三種統計方法分別為Mann-Kendall檢定(以下簡稱MK檢定)、Mann-Whitney-Pettitt檢定(以下簡稱MWP檢定)與Kruskal-Wallis檢定(以下簡稱KW檢定)。其中MK檢定用來分析基期(西元1980~1999年;民國69~88年)與其他時段(西元2000年;民國89年之後)內，觀測資料是否有明顯變動趨勢。MWP檢定和KW檢定觀測資料是否存有變異點，分析結果顯示全年度、豐水期及枯水期之降雨量並無顯著變異；全年度、豐水期及枯水期之降雨強度與連續不降雨日則有部分雨量站有顯著變異，變異點約發生於西元1980~1990年間。以全年度連續不降雨日為例，分析結果如摘表 3所示，顯示共有象鼻(1) 雙崎(2)、松茂、北山(2)、卡奈托灣(2)、草嶺(2)及西巒有明顯變異。

**摘要 3 中部區域集水區之全年度連續不降雨日變異點分析結果**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1928	0.568	0.95	否	-	-	-
	大河	1985	0.645	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1972	0.558	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1979	0.943	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1965	0.424	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1913	0.854	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.56	0.95	否	-	-	-
	新開國小	1996	0.768	0.95	否	-	-	-
	松安	1998	0.792	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1985	0.993	0.95	是	10.109	3.841	是
	雙崎(2)	1985	1	0.95	是	16.457	3.841	是
	鯉魚潭	2003	0.478	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1975	0.754	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1988	0.715	0.95	否	-	-	-
	松茂	1988	0.978	0.95	是	7.704	3.841	是
烏溪	凌霄	1985	0.653	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	1986	0.999	0.95	是	13.777	3.841	是
	惠蓀(2)	2004	0.8	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	2004	0.687	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1985	0.965	0.95	是	7	3.841	是
	東埔	1927	0.426	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	1988	0.973	0.95	是	7.24	3.841	是
	西巒	1985	1	0.95	是	15.619	3.841	是
	關門	1992	0.694	0.95	否	-	-	-

註：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註：連續不降雨日單位為日

### (三)可運用水源分析

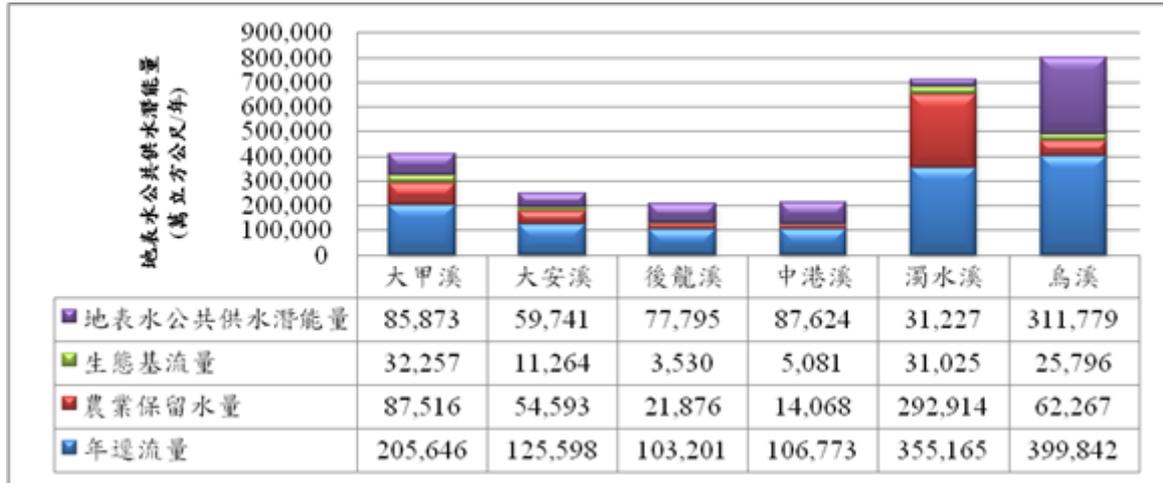
本計畫分析在不考量氣候變遷下，地表水及地下水知可運用水源量，其中地表水可運用水源量以兩種方式評估，第一種方式為評估地表水公共供水潛能量，即在不考量供水系統的限制下，以地表水天然入流量扣除下游農業保留水量與

生態基流量做為該河系之公共用水的最大開發潛能量。第二種方式為考量供水系統限制、下游農業保留水量及生態基流量之條件下，以缺水指數SI符合某一標準下，推估供水系統之供水能力，供水系統模擬分析條件請詳見第參章第三節。

中部區域地表水公共供水潛能量分析結果整理如摘圖 3 所示，大甲溪公共供水潛能量為每年8.59億噸；大安溪公共供水潛能量為每年5.97億噸；後龍溪公共供水潛能量為每年7.78億噸；中港溪公共供水潛能量為每年8.76億噸；濁水溪公共供水潛能量為每年3.12億噸；烏溪公共供水潛能量為每年31.18億噸。

中部區域供水系統供水能力分析結果示如摘表 4，分析結果顯示，中港溪與後龍溪之供水能力為每日21.4萬立方公尺，與前期報告分析結果(每日21.2萬立方公尺)接近，大甲大安聯合運用之供水能力為每日178.5萬立方公尺；與前期報告分析結果(每日176萬立方公尺)接近，濁水溪與湖山水庫聯合運用之供水能力為每日45.41萬立方公尺，與前期報告分析結果(每日43.2萬立方公尺)接近，經與前期報告比對後，驗證本計畫建立之水源調配模式確實可正確呈現中部區域之水源調配規則。

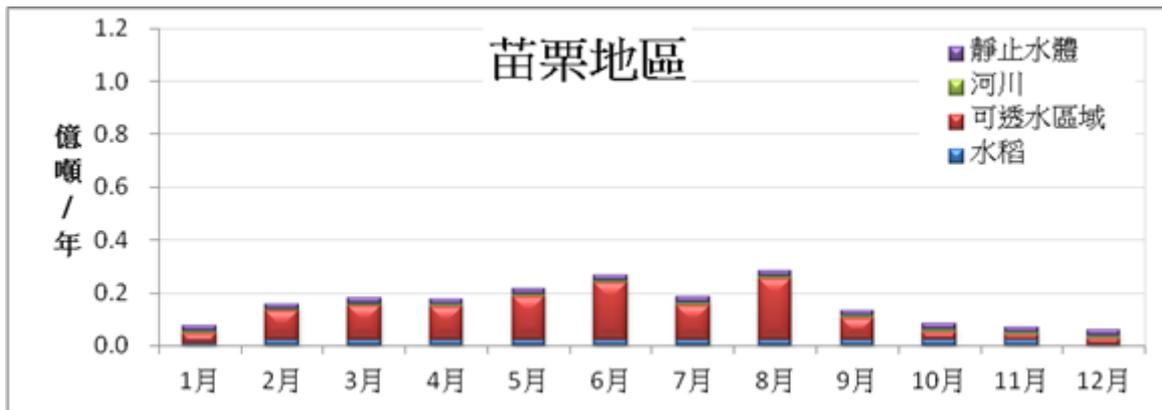
中部區域地下水補注量(潛能量)推估結果如摘圖 4~摘圖 6所示，台中地下水分區潛能量為每年4.0億噸，與前期報告分析結果(每年3.79億噸)接近，濁水溪沖積扇地下水分區潛能量為每年8.1億噸，與前期報告分析結果(每年8.18~22.6億噸)接近，苗栗地下水分區潛能量為每年1.9億噸，與前期報告分析結果(每年1.4億噸)接近。



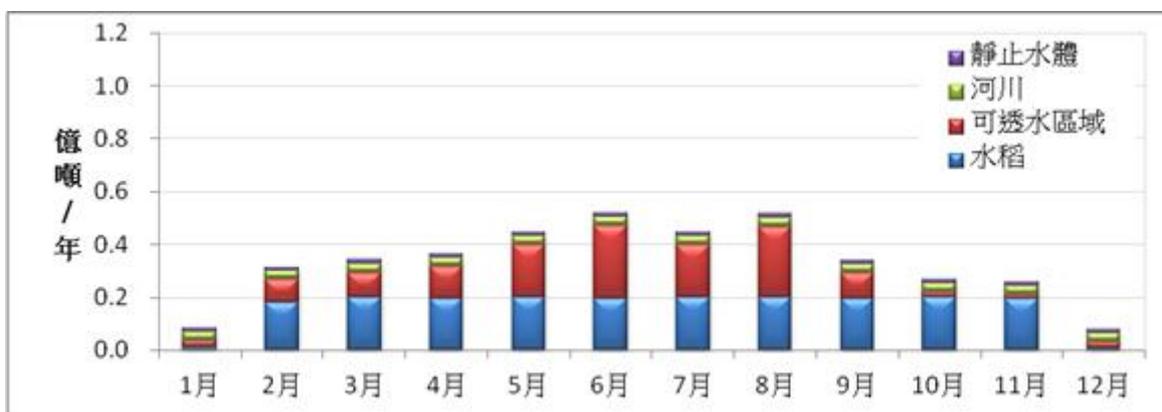
摘圖 3 中部區域公共供水潛能量分析結果

摘表 4 中部區域供水系統供水能力推估結果

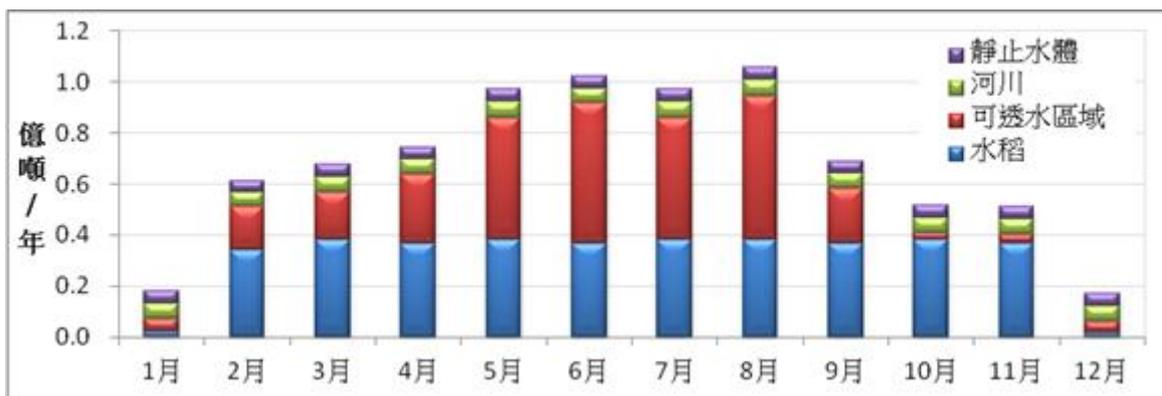
重要河川	本計畫分析結果 (分析時段民國 70~99)	前期報告分析結果	
	供水系統供水能力 (萬立方公尺/日)	供水系統供水能力 (萬立方公尺/日)	說明
中港溪與 後龍溪 (苗栗地 區)	21.4	21.2	參考經濟部水利署 100 年「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」之供需情勢，永和山水庫每日 18.7 萬立方公尺、明德水庫每日 2.5 萬立方公尺
大甲溪與 大安溪聯 合運用 (台中地 區)	178.5	177	參考水利規劃試驗所 100 年「氣候變遷調式之穩定供水調適策略-以大安溪大甲溪水資源系統為例」，分析時段民國 64~96 年。
濁水溪 (雲林及彰 化地區)	45.41	43.2	參考水利規劃試驗所 97 年「濁水溪水系現有水庫水資源聯合運用可行性評估(1)」，考量集集攔河堰與湖山聯合運用，分析時段民國 48~89 年。



摘圖 4 苗栗地區地下水潛能量推估結果



摘圖 5 台中地區地下水潛能量推估結果



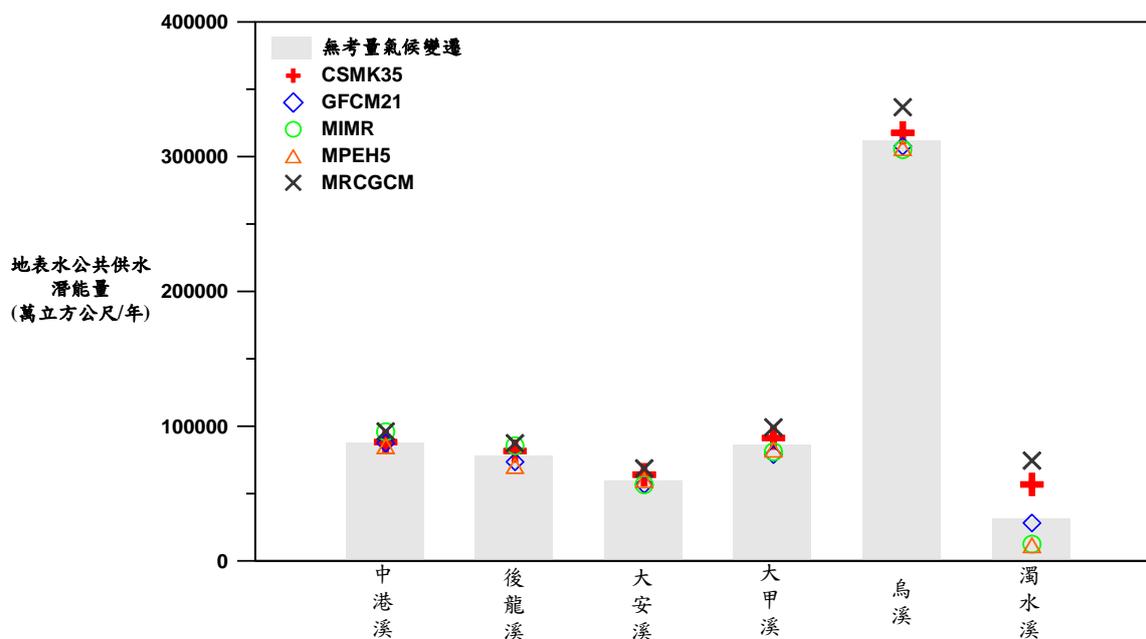
摘圖 6 濁水溪沖積扇地下水潛能量推估結果

#### 四、氣候變遷之衝擊評估

本計畫考量 CSMK35、GFCM21、MIMR、MPEH5 及 MRCGCM 模式之 A1B、A2 及 B1 短期情境(西元 2020~2039) 水文條件下，探討氣候變遷對中部區域現況供水系統之地表水公共供水潛能量、供水系統供水能力、地下水供水潛能量及水資源設施等四個層面之衝擊分析。分析結果說明如下。

##### (一) 地表水公共供水潛能量衝擊評估

地表水公共供水潛能量衝擊評估結果示如摘圖 7(以 A1B 情境為例)，中港溪公共供水潛能量改變率介於 -9~10.6%，後龍溪公共供水潛能量改變率介於 -10.4~13.4%，大甲溪公共供水潛能量改變率介於 -21.9~17.5%，大安溪公共供水潛能量改變率介於 -19.7~16.3%，烏溪公共供水潛能量改變率介於 -21.7~17.8%，濁水溪公共供水潛能量改變率介於 -82~141.1%。



摘圖 7 中部區域 A1B 情境下地表水公共供水潛能量分析結果

## (二)地表水公共供水能力評估

各地區氣候變遷造成之供需缺口如摘表 5及摘表 6所示，就苗栗地區而言，其地下水供應量為每日3.5萬立方公尺，另外有鯉魚潭支援每日10萬立方公尺，A1B最劣情況之供需缺口為每日8.04萬立方公尺；A2最劣情況之供需缺口為每日14.02萬立方公尺；B1最劣情況之供需缺口為每日10.09萬立方公尺，且各情境下供需缺口總量皆為正值，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有經理方案及調適方案來因應經濟發展與氣候變遷造成之缺水。

就台中地區而言，其地下水供應量每日10萬立方公尺，另支援苗栗每日10萬立方公尺、彰化每日8萬立方公尺及區外農業用水每日20萬立方公尺，共每日38萬立方公尺，A1B最劣情況之供需缺口為每日13萬立方公尺；A2最劣情況之供需缺口為每日19.17萬立方公尺；B1最劣情況之供需缺口為每日12.14萬立方公尺，且各情境下供需缺口總量皆為正值，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有經理方案及調適方案來因應經濟發展與氣候變遷造成之缺水。

就彰化地區而言，其地下水供應量為每日30萬立方公尺，另有鯉魚潭支援每日8萬立方公尺，A1B最劣情況之供需缺口為每日7.29萬立方公尺；A2最劣情況之供需缺口為每日9.04萬立方公尺；B1最劣情況之供需缺口為每日6.46萬立方公尺，且各情境下供需缺口總量皆為正值，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有經理方案及調適方案來因應經濟發展與氣候變遷造成之缺水。

就雲林地區而言，其地下水供應量為每日20萬立方公尺，支援嘉義每日3.8萬立方公尺，A1B最劣情況之供需缺口為每日8.66萬立方公尺；A2最劣情況之供需缺口為每日14.79萬立方公尺；B1最劣情況之供需缺口為每日5.95萬立方公尺，但供需缺口總量皆為負值，表示現況系統供應量足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口。

就南投地區而言，其地下水供應量為每日19萬立方公尺，另有集集淨水場擴建增引水里溪水源每日3.5萬噸，在A1B情境下，各模式之氣候變遷造成之供需缺口為每日3.54萬立方公尺；在A2情境下，各模式之氣候變遷造成之供需缺口為每日6.74萬立方公尺；在B1情境下，各模式之氣候變遷造成之供需缺口為每日2.01萬立方公尺，但供需缺口總量A1B及B1情境皆為負值，表示此兩情境下現況系統供應量足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口。而A2情境為各模式供需缺口總量為1.8，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有調適方案來因應氣候變遷造成之缺水。

### (三)水資源設施衝擊評估

就苗栗、台中、彰化、雲林地區而言，各情境之回復力級分皆為5，供水系統復原能力皆屬劣勢，缺水時發生不易即時回復；就南投地區而言，因主要水源為地下水，可以穩定供應，故當需求量小於系統供應能力時，回復力級分為1(A1B情境及B1情境)，當需求量大於系統供應能力時，回復力級分則為5(A2情境)，恢復力級分表如摘表 7。

### (四)地下水供水潛能衝擊評估

苗栗地區在A1B、A2及B1等情境下之地下水潛能量與無考量氣候變遷比較之結果整理如摘圖 8所示，結果顯示地下水潛能量增減比例介於-5.47~8.07%。台中地區地下水潛能量增減比例介於-4.80~3.68%，濁水溪平原地下水潛能量增減比例介於-1.77~3.91%。

摘表 5 苗栗縣及台中市氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
苗栗縣	需求量	41.64	45.03	45.03	45.03	45.03	45.03	48.04	48.04	48.04	48.04	48.04	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57
	地表水供水能力	21.40	18.50	25.57	18.50	16.75	27.79	13.78	26.83	20.50	24.69	14.29	24.80	26.65	13.24	28.24	27.94
	地下水供應量	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	區域受支援量	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	氣候變遷造成之供需缺口	-	6.29	-0.78	6.29	8.04	-3.00	14.02	0.97	7.30	3.11	13.51	-1.47	-3.32	10.09	-4.91	-4.61
	供需缺口總量	6.74	13.03	5.96	13.03	14.78	3.74	20.76	7.71	14.04	9.85	20.25	5.27	3.42	16.83	1.83	2.13
台中市	需求量	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76
	地表水供水能力	178.50	176.20	174.80	165.50	176.10	176.80	159.33	190.80	169.20	180.94	168.75	177.92	189.75	166.36	199.40	179.60
	地下水供應量	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	區域受支援量	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00
	氣候變遷造成之供需缺口	-	2.30	3.70	13.00	2.40	1.70	19.17	-12.30	9.30	-2.44	9.75	0.58	-11.25	12.14	-20.90	-1.10
	供需缺口總量	20.26	22.56	23.96	33.26	22.66	21.96	39.43	7.96	29.56	17.82	30.01	20.84	9.01	32.40	-0.64	19.16

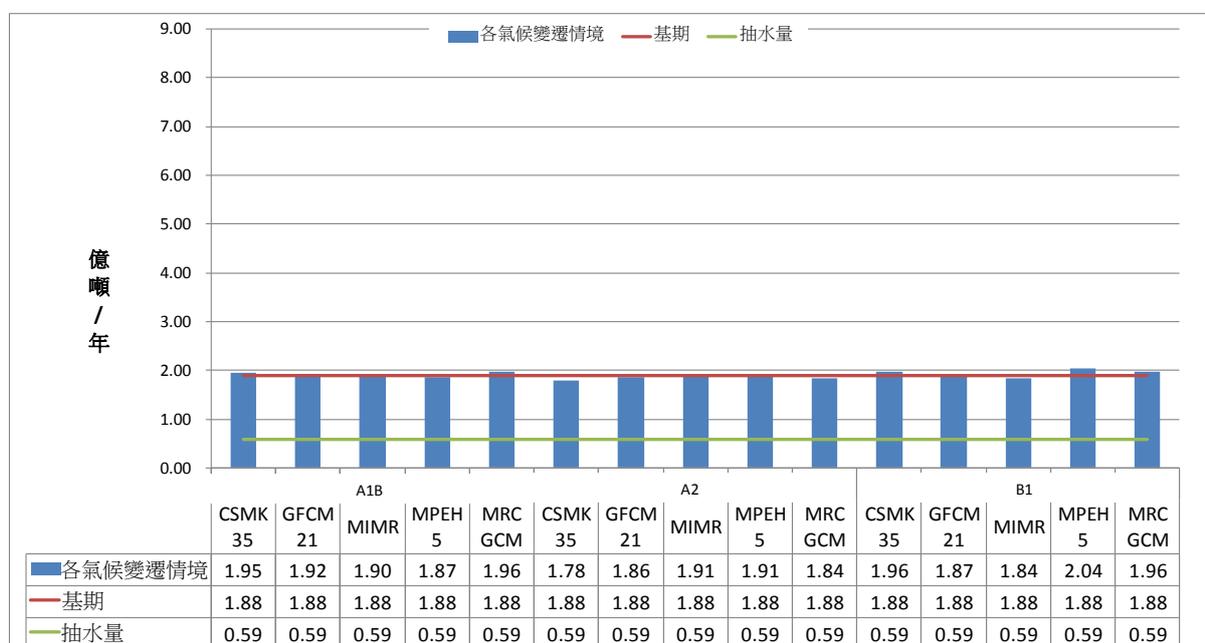
摘表 6 彰化縣、雲林縣及南投縣氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
彰化縣	需求量	41.58	48.39	48.34	48.77	47.55	48.47	49.47	49.90	50.31	50.19	50.03	46.62	47.42	47.73	42.87	42.87
	地表水供水能力	4.41	4.40	4.10	4.30	5.20	4.11	4.00	4.41	4.10	4.50	4.40	4.35	4.78	4.10	6.99	4.31
	地下水供應量	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
	區域受支援量	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	氣候變遷造成之供需缺口	-	6.82	7.07	7.29	5.17	7.19	8.29	8.32	9.04	8.52	8.46	5.09	5.47	6.46	-1.29	1.39
	供需缺口總量	3.17	9.99	10.24	10.47	8.35	10.36	11.47	11.49	12.21	11.69	11.63	8.27	8.64	9.63	1.88	4.56
雲林縣	需求量	31.37	36.71	36.71	36.71	36.71	36.71	41.58	41.58	41.58	41.58	41.58	34.39	34.39	34.39	34.39	34.39
	地表水供水能力	41.00	38.20	38.91	38.33	42.90	37.68	36.43	41.36	36.77	39.54	38.68	38.58	41.05	38.47	43.10	38.07
	地下水供應量	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	區域受支援量	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80
	氣候變遷造成之供需缺口	-	8.14	7.43	8.01	3.44	8.66	14.79	9.86	14.45	11.68	12.54	5.44	2.97	5.55	0.92	5.95
	供需缺口總量	-25.83	-17.69	-18.40	-17.82	-22.39	-17.17	-11.05	-15.98	-11.39	-14.16	-13.30	-20.39	-22.86	-20.28	-24.91	-19.88
南投縣	需求量	17.56	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	19.57	19.57	19.57	19.57	19.57
	地表水供水能力	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	地下水供應量	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
	區域受支援量	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	氣候變遷造成之供需缺口	-	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	6.74	6.74	6.74	6.74	6.74	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
	供需缺口總量	-4.94	-1.40	-1.40	-1.40	-1.40	-1.40	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	-2.93	-2.93	-2.93	-2.93	-2.93

摘表 7 中部區域水資源設施衝擊回復力評估結果

情境	GCM 模式	苗栗	台中	彰化	雲林	南投
無考量氣候變遷		5	5	5	5	1
A1B	CSMK35	5	5	5	5	1
	GFCM21	5	5	5	5	1
	MIMR	5	5	5	5	1
	MPEH5	5	5	5	5	1
	MRCGCM	5	5	5	5	1
A2	CSMK35	5	5	5	5	5
	GFCM21	5	5	5	5	5
	MIMR	5	5	5	5	5
	MPEH5	5	5	5	5	5
	MRCGCM	5	5	5	5	5
B1	CSMK35	5	5	5	5	1
	GFCM21	5	5	5	5	1
	MIMR	5	5	5	5	1
	MPEH5	5	5	5	5	1
	MRCGCM	5	5	5	5	1



摘圖 8 苗栗地區氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果

## 五、脆弱度與風險分析

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)=危害度(Hazard)×脆弱度(Vulnerability)進行缺水災害風險量化分析，生活用水採用人口密度為脆弱度因子，DPD指標為危險度因子；工業用水採用工業生產產值為脆弱度因子，DPD指標為危險度因子；農業用水採用水稻面積為脆弱度因子，缺水率為危險度因子。

本計畫以A1B最劣情況情境進行中部區域生活用水、工業用水及農業用水之脆弱度、危害度及風險度地圖繪製，現況系統下之A1B最劣情況，結果示如摘圖 9~摘圖 11。

生活用水部分苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮等之風險度為5，而後龍鎮及公館鄉之風險度為4；台中市北區、北屯區、南區、南屯區、潭子區、東區、梧棲區、梧棲區(海)、中區、大里區、西區、梧棲區、豐原區及西屯區之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、和美鎮及彰化市等之風險度為5級，而鹿港鎮、線西鄉、伸港鄉、埔心鄉、花壇鄉、北斗鎮、溪湖鎮、田尾鄉、社頭鄉、福興鄉、秀水鄉、大村鄉、永靖鄉、芬園鄉及田中鎮之風險度高於4級；雲林縣與南投縣之風險度皆低於4級。

工業用水部分苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮之風險度為5級，後龍鎮、三義鄉及造橋鄉之風險度為4級；台中市北區、北屯區、南屯區、大雅區、潭子區、神岡區、大里區、太平區、西區、大甲區、豐原區及西屯區之風險度高於4級；彰化縣和美鎮與彰化市之風險度為5級，而員林鎮、鹿港鎮、線西鄉、伸港鄉、花壇鄉、福興鄉及大村鄉之風險度高於4級；雲林縣斗六市之風險度高於4級；南投縣各區之風險度皆低於4。

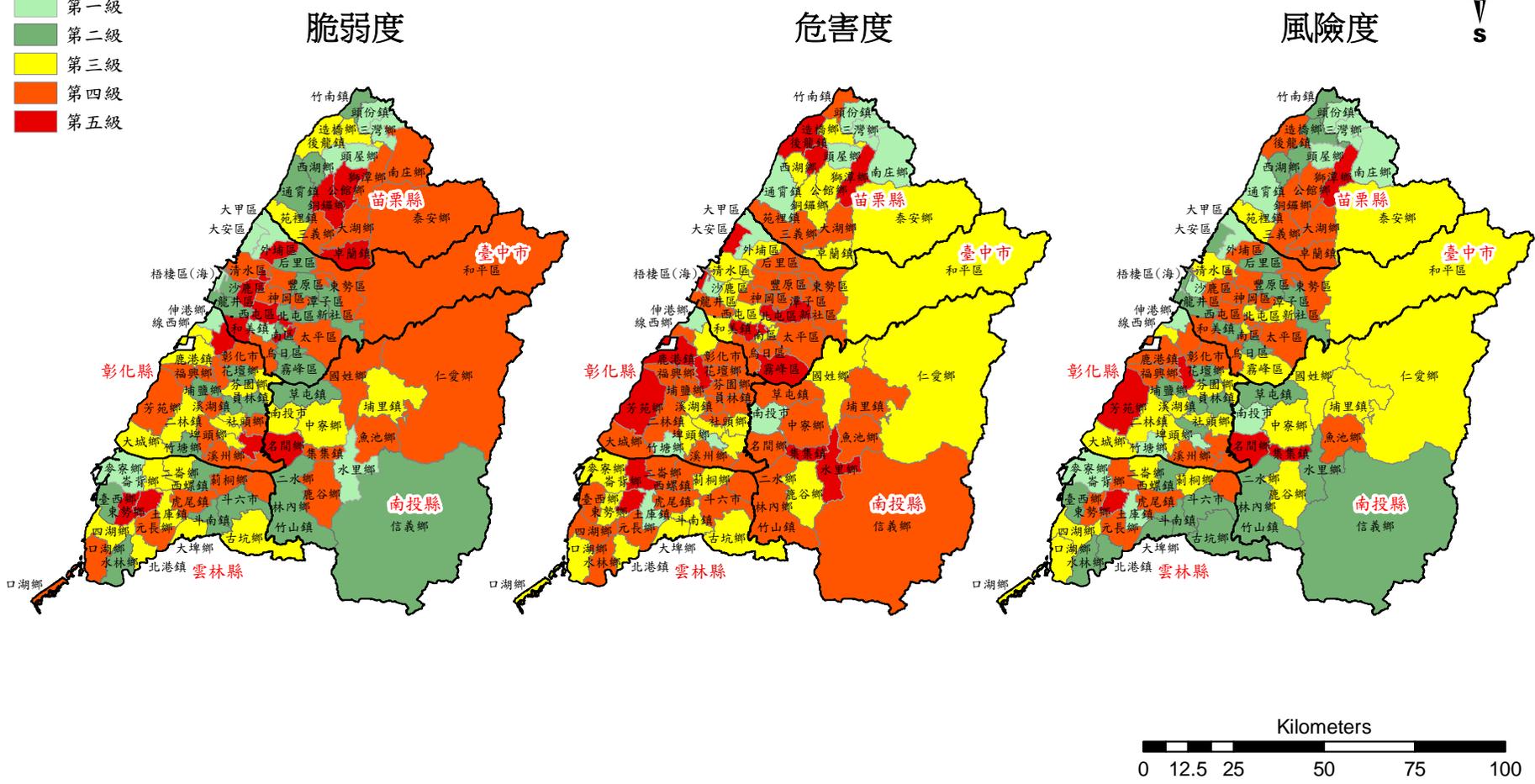
農業用水部分苗栗縣、彰化縣、雲林縣及南投縣之風險度皆低於4；台中市后里區、清水區、清水區(海)、石岡區、大甲區及豐原區之風險度高於5級。

## 六、擬定及評估因應氣候變遷之水資源強化策略

根據中部區域之水文衝擊、河川流量衝擊及供水衝擊分析結果，探討中部區域缺水主因，主要包含需求成長、水資源設施不足、自來水漏水率偏高，區域調配管理彈性等因素，故本計畫調適策略研擬可從供給面與需求面策略著手，即以「國家氣候變遷調適政策綱領」之第二項(由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能)及第三項(由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益)為調適策略方向，並參考「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」、「台灣中部區域水資源經理基本計畫(稿)」及國外水資源調適方案經驗，研擬適合中部區域之調適計畫，並將調適計畫分為(1)傳統水資源方案與新興水源方案、(2)備援供水系統方案、(3)各標的用水節水方案等三大部分。



- 圖例**
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級



摘-20

摘圖 9 中部區域現況供水系統 A1B 最劣情況之生活用水缺水風險地圖

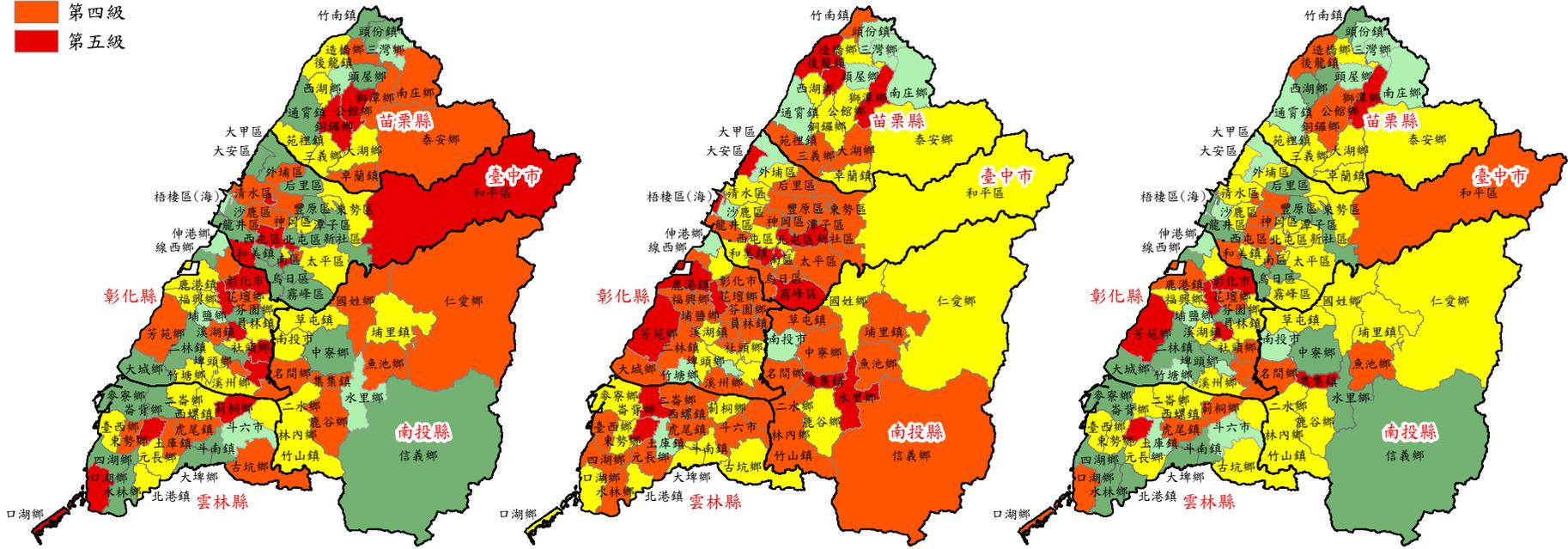


- 圖例**
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級

脆弱度

危害度

風險度



摘-21

摘圖 10 中部區域現況供水系統 A1B 最劣情況之工業用水缺水風險地圖

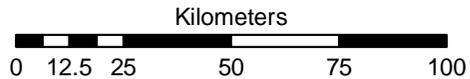
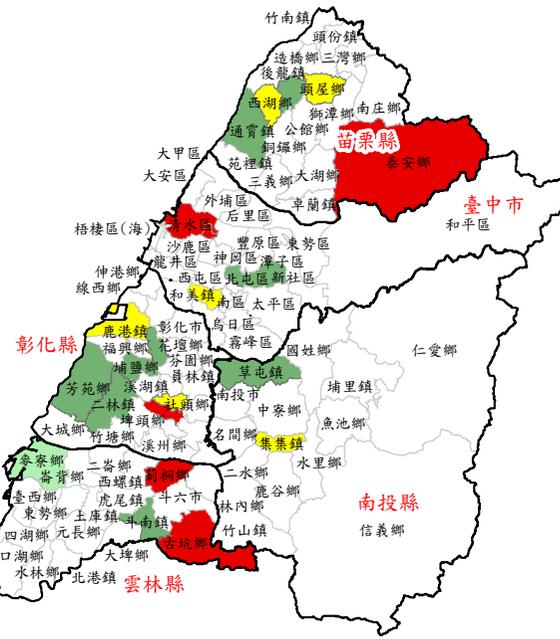
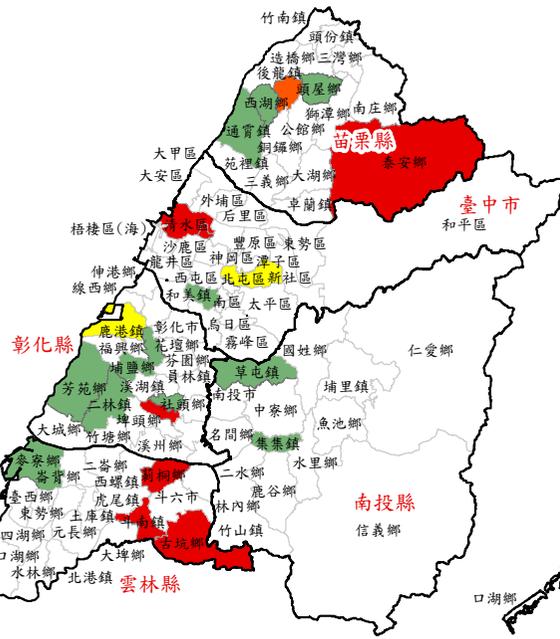
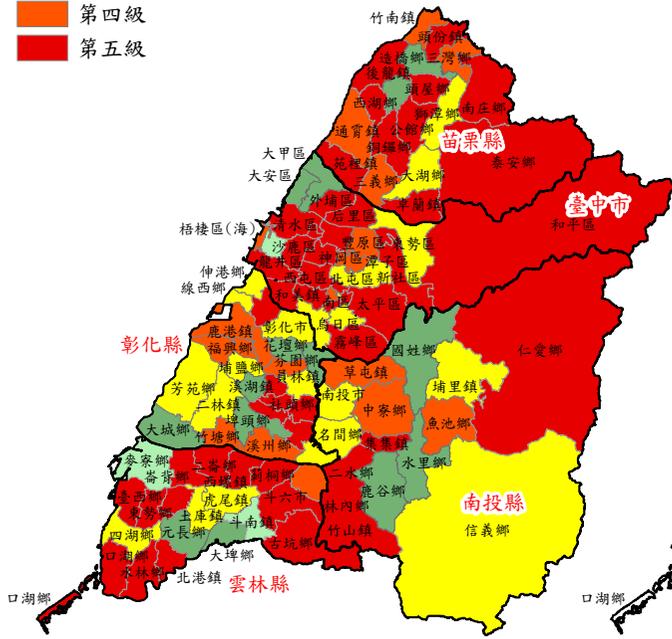


- 圖例
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級

脆弱度

危害度

風險度



摘-22

摘圖 11 中部區域現況供水系統 A1B 最劣情況之農業用水缺水風險地圖

## 七、訂定水資源調適計畫

由於水利署業已規劃水資源經理基本計畫來因應經濟成長所造成之需求量增加，故水資源調適計畫訂定需先確認目標年下哪些經理基本計畫會實際到場運作，並分析經理基本計畫到場後是否足以滿足經濟成長與氣候變遷造成之供需缺口。若能滿足，則只需經理基本計畫即可，若不能滿足，則需研擬適合之調適策略，並透過多準則評估分析決定調適策略優先順序，再依供需缺口大小，建議調適方案組合，分析結果詳見摘表 8，分析結果說明如下。

- 1、苗栗地區與南投地區，在天花湖水庫與鳥嘴潭人工湖經理基本計畫完工後，已足以供應目標年需求量及應付氣候變遷造成之缺口，不需再研擬調適計畫因應。
- 2、台中地區A1B最劣情況供需缺口總量達每日23.26萬立方公尺，根據多準則評估分析結果，建議優先執行之調適方案有福田污水處理廠污水再生利用、台中生活節水方案、台中自來水管線汰換，各方案之增供水量(或節省水量)分別為每日9、14.27及8.18萬立方公尺，故為滿足台中地區之供需缺口總量，建議之調適策略組合為採用福田污水處理廠污水再生利用及台中生活節水方案。若考量需滿足A2最劣情況供需缺口(每日29.43萬立方公尺)，則建議之調適策略組合為採用福田污水處理廠污水再生利用、台中生活節水方案及台中自來水管線汰換。
- 3、彰化地區A1B最劣情況供需缺口總量達每日10.99萬立方公尺，根據多準則評估分析結果，調適方案優先執行順序分別為彰化海水淡化廠、彰化自來水管線汰換、溪州人工湖及濁水溪河口堰，各方案之增供水量(或節省水量)分別

為每日20、2.7、5.1及8.8萬立方公尺，故為滿足彰化地區之供需缺口總量，建議之調適策略為採用彰化海水淡化廠。若考量需滿足A2最劣情況供需缺口(每日16.64萬立方公尺)，彰化海水淡化廠仍足以滿足其供需缺口。

4、雲林地區A1B最劣情況供需缺口總量為每日5.03萬立方公尺，根據多準則評估分析結果，調適方案優先執行順序分別為雲林自來水管線汰換及雲林生活節水，各方案之增供水量(或節省水量)分別為每日1.86及4.15萬立方公尺，故為滿足台中地區之供需缺口總量，建議之調適策略組合為採用雲林自來水管線汰換及雲林生活節水。若考量需滿足A2最劣情況供需缺口(每日14.79萬立方公尺)，雲林自來水管線汰換及雲林生活節水已無法滿足其供需缺口，需透過其它調適策略(如跨區支援或地下水抽用等)來因應之。

**摘表 8 有無考量氣候變遷下中部區域缺水因應策略對照表**

情境	苗栗	台中	彰化	雲林	南投
無考量氣候變遷 (經理計畫)	天花湖水庫	天花湖水庫、大甲大安聯合運用輸水管線	烏嘴人工湖	湖山水庫	烏嘴潭人工湖
A1B 最劣情境 (經理計畫+調適計畫)	天花湖水庫	天花湖水庫、大甲大安聯合運用輸水管線、福田污水再生廠、生活節水	烏嘴人工湖、彰化海水淡化場	湖山水庫、自來水管線汰換、生活節水	烏嘴潭人工湖

## **Abstract**

Recently, owing to global climate change, extreme storm and drought happen frequently. The regional water distribution suffers a challenge. Therefore, how to control the water supply risk through risk analysis is an important issue.

This project aims to evaluate the spatial vulnerability distribution of water resources and propose the adaptive plan for central region of Taiwan. The main tasks of this project are water demanded scenarios estimation, Rainfall trend analysis, , climate change impact analysis and adaptive strategy proposing and analysis.

### **I. Future water demand scenarios estimation**

For future domestic use water demand estimation(2031) in A1B scenario, the result shows Miaoli demand grows  $3.4 \times 10^4$  CMD as much as that without climate change, Taichung demand is the same as that without climate change, Changhua demand grows  $5.9 \times 10^4 \sim 7.2 \times 10^4$  CMD as much as that without climate change, Yunlin demand grows  $5.4 \times 10^4$  CMD as much as that without climate change, Nantou demand grows  $3.6 \times 10^4$  CMD as much as that without climate change.

For future irrigation use water demand estimation(2031) in A1B scenario, the result shows irrigation use water demand change  $-1 \sim 3.35\%$  as much as that without climate change .

### **II. Rainfall trend analysis**

This study use Mann-Kendall Test, Mann-Whitney-Pettitt Test and Kruskal-Wallis Test to test the precipitation, intensity and

drought days variation trend. The result shows precipitation doesn't vary obviously during whole year, wet season or drought season. But intensity and drought days have varied obviously during whole year, wet season or drought season. The variation points almost happened during 1980~1990.

### **III. Climate change impact analysis**

The main tasks of climate impact analysis are surfacewater supply potentiality analysis, surfacewater supply system ability analysis and groundwater supply potentiality analysis under A1B、A2 and B1 scenario. CSMK35, GFCM21, MIMR, MPEH5 and MRCGCM GCMs are selected to be a respective for future (2020~2039) climate condition.

1. For surfacewater supply potentiality analysis, Zhonggang River potentiality change -9~10.6% that of without climate change, Houlong River potentiality change -10.4~13.4% that of without climate change, Dajia River potentiality change -21.9~17.5% that of without climate change, Daan River potentiality change -19.7~16.3% that of without climate change, Wu River potentiality change -21.7~17.8% that of without climate change, Zhuoshui River potentiality change -82~141.1% that of without climate change.
2. For supply system ability analysis, Miaoli water deficit is  $8.04 \times 10^4$  CMD under A1B worse case. Taichung water deficit is  $13 \times 10^4$  CMD under A1B worse case. Changhua water deficit is  $7.29 \times 10^4$  CMD under A1B worse case. Yunlin water deficit is  $8.66 \times 10^4$  CMD under A1B worse case. Nantou water deficit

is  $3.54 \times 10^4$  CMD under A1B worse case. The result shows existent supply system in central region can't fulfill future demand on 2031. It need propose new strategies to improve the water shortage problem.

3. For groundwater supply potentiality analysis, Miaoli grounder potentiality change -5.47~8.07% that of without climate chang, Taichung grounder potentiality change -4.80~3.68% that of without climate chang. Zhuoshui River Plain grounder potentiality change -1.77~3.91% that of without climate chang.

#### **IV. Adapative strategy proposing and analysis**

Based on multi-criteria analysis and water deficit analysis, the optimal adapative strategies combination is proposed as below.

For Miaoli and Nantou, the furture demand(2031) can be fulfilled under Tiahuahu reservoir and Niaozeitan artificial lake is finished. Proposing adapative strategy is not necessary.

For Taichung, the furture demand(2031) can't be fulfilled under Tiahuahu Reservoir and Water Transport Engineering of Conjunctive Use are finished. The optimal adapative strategies combination for A1B worse case are Water Saving and Futian Domestic Wastewater Treatment Plant. The optimal adapative strategies combination for A2 worse case are Water Saving , Futian Domestic Wastewater Treatment Plant and tap water pipe replacement.

For Changhua, the furture demand(2031) can't be fulfilled under Niaozeitan artificial lake is finished. The optimal adapative

strategy for A1B worse case and A2 worse case is seawater desalinization.

For Yunlin, the future demand(2031) can't be fulfilled under Hushan Reservoir is finished. The optimal adaptive strategies combination for A1B worse case are Water Saving and tap water pipe replacement.. The optimal adaptive strategies combination for A2 worse case are Water Saving , tap water pipe replacement and other strategies(such as groundwater pumping and conjunctive use).

Keyword : climate change , vulnerability , hazard , water shortage risk  
map

# 結論與建議

## 一、結論

- 1、目標年(民國120年)生活需求量推估，苗栗地區在氣候變遷影響下增加每日1.9~6.4萬立方公尺之用水量；台中地區在氣候變遷影響下無成長；彰化地區在氣候變遷影響下增加每日5~8.7萬立方公尺之用水量；南投地區在氣候變遷影響下增加每日2~6.7萬立方公尺之用水量；雲林地區在氣候變遷影響下增加每日3~10.2萬立方公尺之用水量。
- 2、本計畫以MK檢定、MWP檢定與KW檢定三種統計方法分析降雨量、降雨強度和連續不降雨日數三種降雨特性之變動趨勢，分析結果顯示全年度、豐水期及枯水期之降雨量並無顯著變異；全年度、豐水期及枯水期之降雨強度與連續不降雨日則有部分雨量站有顯著變異，變異點約發生於西元1980~1990年間。
- 3、在未考量氣候變遷影響下，苗栗地區地表水供水能力為每日21.4萬立方公尺；台中地區地表水供水能力為每日178.5萬立方公尺；彰化地區地表水供水能力為每日4.4萬立方公尺；雲林地區地表水供水能力為每日41萬立方公尺，南投地區地表水供水能力為每日0萬立方公尺。
- 4、在未考量氣候變遷影響下，中部區域地下水潛能量推估以濁水需沖積扇之最高，約每年8.1億噸；其它依次為台中(約每年4.0億噸)、苗栗(約每年1.9億噸)。
- 5、苗栗地區在A1B最劣情況下，各行政區之風險度皆大於四級，若考量天花湖水庫經理基本計畫下，各行政區之風險度皆小於三級，且就供需缺口分析而言，在考量天花湖水庫經理基

本計畫下，已足以滿足目標年用水需求，無需進一步提出調適方案。

- 6、台中地區在考量大甲大安聯合輸水管線完工下之A1B最劣情況，各行政區之風險度皆小於三級。若再納入天花湖水庫經理及鳥嘴潭人工湖基本計畫考量下，各行政區之風險度仍小於三級。然就供需缺口分析，仍無法滿足目標年用水需求，經多準則評估分析後，調適方案組合建議採用福田污水處理廠污水再生利用及生活節水以滿足A1B最劣情況供需缺口，若要滿足A2最劣情況供需缺口，調適方案建議再納入自來水管線汰換。
- 7、彰化地區在A1B最劣情況下，各行政區之風險度皆大於四級。若考量鳥嘴潭人工湖經理基本計畫下，各行政區之風險度皆為五級。且就供需缺口分析，亦無法滿足目標年用水需求，經多準則評估分析後，調適方案組合建議採用彰化海水淡化廠以滿足A1B與A2最劣情況供需缺口。
- 8、雲林地區在考量湖山水庫完工下之A1B最劣情況，各行政區之風險度皆為五級。若再納入鳥嘴潭人工湖經理基本計畫考量下，各行政區之風險度皆為四級。且就供需缺口分析，亦無法滿足目標年用水需求，經多準則評估分析後，調適方案組合建議採用自來水管線汰換及生活節水方案以滿足A1B最劣情況供需缺口，若要滿足A2最劣情況供需缺口，需透過其它調適策略如跨區支援或地下水抽用等因應之。
- 9、南投地區在A1B最劣情況下，各行政區之風險度皆為一級，若考量鳥嘴潭人工湖經理基本計畫下，各行政區之風險度皆小於三級，且就供需缺口分析而言，在考量鳥嘴潭人工湖經

理基本計畫下，已足以滿足目標年用水需求，無需進一步提出調適方案。

## 二、建議

- 1、農業用水資料取得不易，建議機關間可建立資料共享制度，以增加資料取得之便利性，提高計畫執行效率與降低評估結果之不確定性。
- 2、本計畫地下水潛能量對於河川與湖泊入滲量，僅考量單向補注，然實際上河川與湖泊視水位變化與地下水會有雙向交換機制，建議未來可針對研究區域建構地下水含水層模式，以確實掌握河川(或湖泊)與地下水間之交換量。
- 3、由於生活用水與工業用水多為共管供應，於危害度計算時假設兩者相同，若要正確評估兩者之差異，需有更詳細之各鄉鎮市區工業用水量資料以利評估。
- 4、農業用水量之推估，本計畫目前僅考慮水田，未來可將種植蔬菜、水果、或其他經濟作物之用水量納入考量。
- 5、脆弱度因子目前僅採單一指標進行分析，然尚有許多指標與缺水息息相關，建議未來可納入其它指標考量。
- 6、調適計畫為依據工期、成本、增供(或節省)水量及對環境影響程度等，以多準則排序法評估後決定，然各調適計畫之工期、成本及增供(或節省)水量多為初步規劃或由其他相關計畫類比之假設值，故未來若有更精細之相關資料，可再納入重新評估之。
- 7、本計畫主要針對生活及工業用水提出調適計畫，然農業用水部分區域仍有高缺水風險，建議另案探討農業之調適計畫，如透過調整耕作型態或提升灌溉技術，俾提升農業用水效率，以降低農業用水缺水風險。

# 第壹章、前言

## 一、計畫緣起與目的

近年來，受到全球氣候變遷，台灣氣候產生極大的變異，引發極端降雨造成洪水及乾旱頻率增加，亦伴隨釀災。因此，氣候變遷對於水資源的衝擊評估及調適策略之研擬等相關議題開始受到重視。當面臨乾旱災害的威脅時，水資源系統的調適能力則會受社會、經濟發展及調適決策等因素的影響，在不同地區亦會因區域發展型態的不同，而產生不同的損失類型。在因應氣候變遷的規劃上，需透過水資源系統的風險評估，探討空間分布的影響，進而掌握各區的水資源風險。

為評估全球氣候變遷對水利事業可能造成的衝擊與相關因應策略，經濟部水利署已於民國98年開始執行「氣候第1階段管理計畫」，並規劃4年（民國99~102年）之「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」科技研究發展專案計畫。本計畫將分析中部區域之各用水對象的災害脆弱度，以及界定未來中部區域氣候變遷與社會經濟的情境，藉以瞭解有無氣候變遷之情況下，各標的用水的衝擊程度與產生的災害風險，並在確保國民安全用水與可接受一定風險的前提下，研擬台灣中部區域適應氣候變遷之因應計畫，以作為相關單位決策之參考。

## 二、工作範圍

本計畫工作範圍為台灣中部區域，包含苗栗地區、台中地區、南投地區、彰化地區及雲林地區等五處。中部區域面積約為10,507 平方公里，區域內有中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪、濁水溪等重要河川。詳細計畫範圍示如圖1-1。

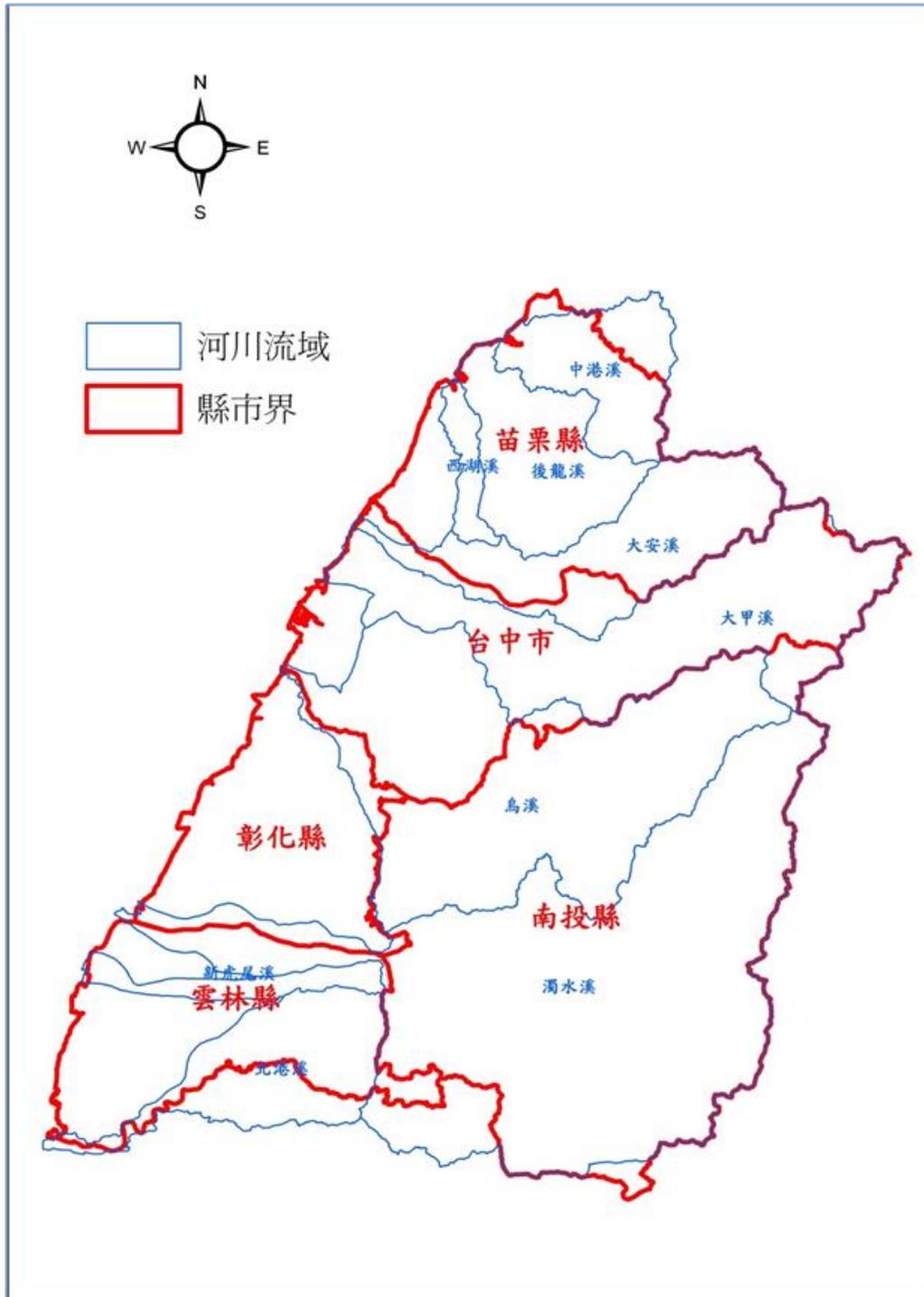


圖1-1 計畫工作範圍圖

### 三、工作項目與內容

- 1、相關文獻資料蒐集與探討
  - (1) 基本資料蒐集與探討。
  - (2) 國內相關文獻蒐集與探討。

(3) 國外相關文獻蒐集與探討。

## 2、水文因子情境設定及分析

(1) 未來水資源需求情境設定。

(2) 水資源相關水環境因子變動趨勢分析。

(3) 可運用水源分析。

## 3、氣候變遷之衝擊評估

(1) 氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢評估。

(2) 氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估。

## 4、脆弱度及風險分析

(1) 各標的用水面臨缺水的災害脆弱分析。

(2) 氣候變遷之下各供水分區缺水潛勢分析。

(3) 面對缺水之災害風險量化。

(4) 氣候變遷之下各供水分區缺水風險地圖製作。

## 5、擬定及評估因應氣候變遷之水資源強化策略擬定之強化策

略至少包括以下之方案組合：

(1) 傳統水資源方案與新興水源方案。

(2) 備援供水系統方案。

(3) 各標的用水節水方案。

## 6、訂定水資源調適計畫

(1) 調適方案初步規劃。

(2) 調適方案所需費用估算。

(3) 零方案面對缺水之災害風險分析。

(4) 實施調適方案面對缺水之災害風險分析。

(5) 調適方案之效益評估。

(6) 水資源調適策略路線圖訂定。

(7) 水資源調適策略檢核機制。

(8) 因應情境改變之調適方案檢討。

#### 7、工作簡報及報告編印

(1) 期初、期中、期末簡報及不定期工作會報。

(2) 報告書之編擬、修訂及印製。

### 四、工作流程

本計畫整體工作流程如圖1-2所示，透過相關文獻資料蒐集與探討，了解中部區域之水資源系統與氣候變遷分析方法，並估算中部區域目標年水資源需求量、水環境因子趨勢變動分析及可運用水量，完成水文因子情境設定及分析；再配合國家災害防救科技中心解析度25公里x25公里之各大氣環流模式降尺度分析結果，進行雨量及溫度氣候資料繁衍，並透過降雨逕流分析，以探討氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢評估及氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估；根據前述分析結果與中部區域社會經濟資料，進行各標的用水之災害脆弱分析(脆弱度)與各供水分區缺水潛勢分析(危害度)，並參考各標的用水的缺水忍受度與台灣地區社會經濟統計資料，進行脆弱度、危害度及災害風險分級量化，以繪製各供水分區缺水風險地圖；根據各供水分區缺水風險地圖，研擬各區域之水資源強化策略及訂定水資源調適計畫。

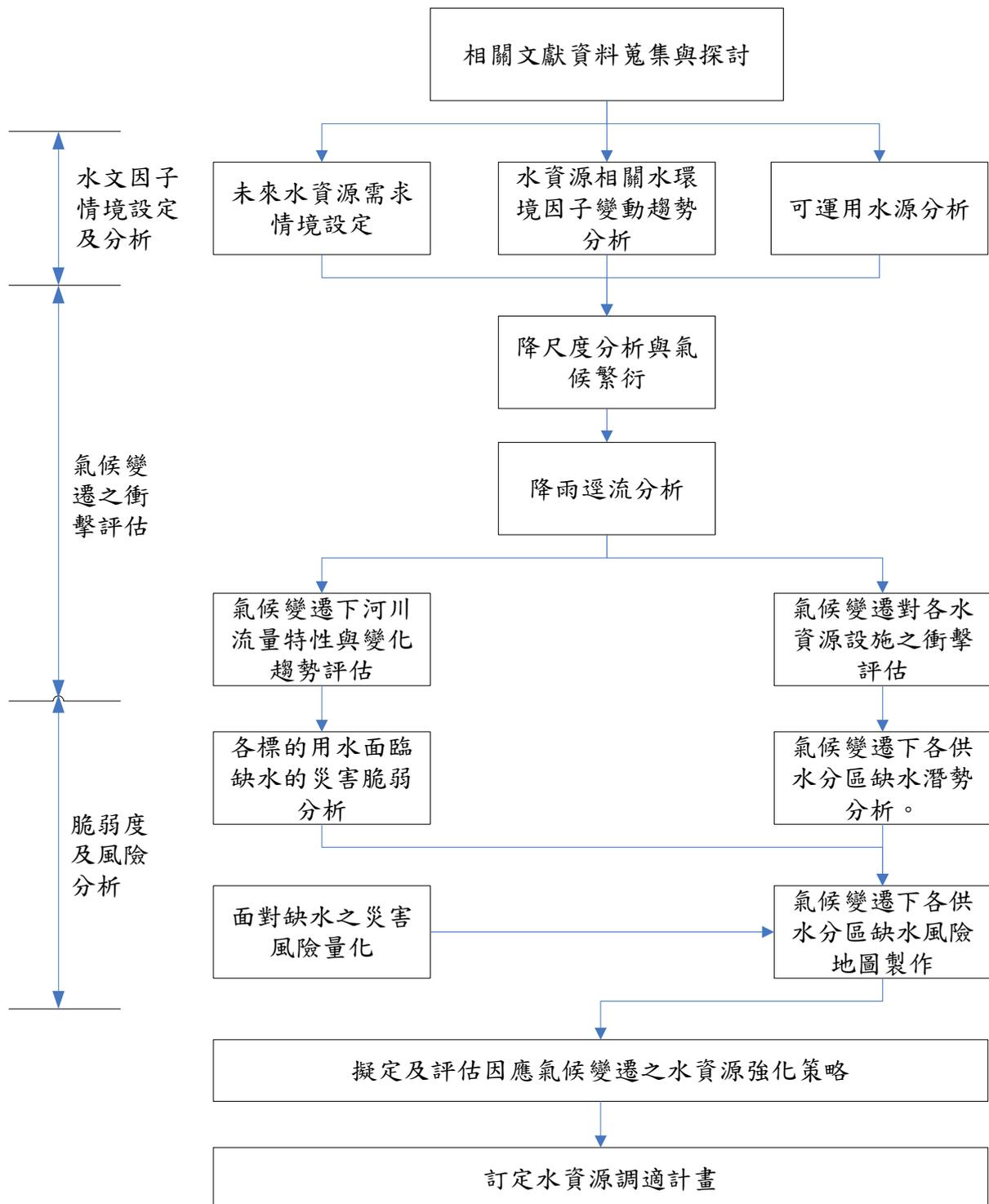


圖1-2 工作流程圖

## 五、前期研究成果

本計畫前期研究成果有水利規劃試驗所辦理之「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)及「強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」(民國96~97年)，兩者之採用之方法論比較請詳見表1-1所示。

「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)計畫目的在於評估南部水資源分區水資源脆弱度空間分布，並提出強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力之調適計畫。主要工作內容在於現況之供需分析、水文趨勢分析、訂定需水量情境、評估氣候變遷對於河川流量、天然可更新水資源量以及供水穩定度之影響，同時推求各標用水缺水容忍度以及定義水資源脆弱度與分析方法，推求未來氣候變遷影響下之缺水風險，以及對地下水補注量之衝擊，並擬定水資源調適策略以及計畫，以強化南部水資源系統。分析結果顯示，高雄地區之生活給水需求超過目前之供水能力，一旦乾旱發生，將會是最脆弱的地區。農業計畫用水均遠超過實際用水量，為有效管理水資源量，有必要精準估算農業用水需水量。南部水資源分區水庫多數有淤積問題，已有7座水庫之有效庫容比低於60%。而莫拉克之後更嚴重造成曾文水庫與南化水庫庫容減少，需極力清淤並維護上游水土保持。在未來氣候變遷影響下，普遍結果顯示缺水風險會增加，以需水量低成長而言，A2情境的結果顯示未來缺水風險將有可能增加為65.2%~88.6%。而從SI值的變化來看，SI值的變化與DPD呈現結果有一致的變化趨勢。

「強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」(民國96~97年)計畫目的為評估氣候變遷對區域水資源供水系統

所帶來可能之衝擊，並探討強化水資源風險管理之調適能力及策略。第一年度以淡水河流域為研究區域，第二年度以台灣中部大安溪與大甲河流域供水系統為研究區域，探討供水系統之衝擊與脆弱度。未來氣候變遷模擬採用簡易降尺度分析六種GCM模式分析A1B、A2及B1等三種預設情境，並透過修正型HBV模式估算逕流量，分析結果顯示北部淡水河及中部大安溪、大甲溪豐水期雨量與流量有增加的趨勢，枯水期則有減少的趨勢。以GFDL2.1模式之A1B及B1情境、ECHAM模式之A2情境與CGCM模式之B1情境分析結果對台中地區之水源調配衝擊最大。

**表 1-1 前期計畫方法論比較一覽表**

	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)	強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力(民國 96~97 年)
氣候變遷情境	NCDR 之「worse case」情境，利用 24 個 GCM 經過統計降尺度後，計算 24 個 GCM 結果之平均值與標準偏差，以枯水期之平均值減去一個標準偏差，豐水期之平均值加上一個標準偏差代表。	A1B、A2、B1
GCM 模式	NCDR 提供之 24 個 GCM 模式統計降尺度結果	GFDL 2.1、HADCM3、NCAR、CGCM2、ECHAM5、INM
降尺度方法	NCDR 情境	簡易降尺度
降雨逕流模式	HBV,GWLF	修正型 HBV 模式
水源調配模式	Vensim	Vensim
氣候變遷衝擊分析指標	以風險度表示衝擊程度，風險度由危害度與脆弱度指標計算而得，脆弱度指標採用人口密度、工業產值以及水稻面積，危害度指標採用 DPD 指標	缺水指數、缺水率、環境承载力及 SDI

## 第貳章、相關文獻資料蒐集與探討

本計畫蒐集中部區域之雨量、流量、水源利用概況、水庫設施、自來水供水系統設施及營運資料、各標的需求量及 GCM 氣候因子模擬資料等基本資料，以作為水文因子情境分析、氣候變遷衝擊評估及脆弱度與風險分析之用。此外，本計畫亦蒐集國內外相關水資源調適策略經驗，以作為擬訂中部區域因應氣候變遷水資源調適策略之參考。以下分別針對基本資料蒐集與國內外相關文獻蒐集進行說明。

### 一、基本資料蒐集與探討

基本資料蒐集包含中部區域雨量資料、流量資料、各河川水源點入流量推估式蒐集、水源利用概況、水庫設施資料蒐集、自來水供水系統設施及營運資料、各標的需求量及 GCM 氣候因子模擬資料等。其它基本資料說明詳見如下：

#### (一)雨量及流量資料

本計畫雨量與流量站主要參考前期報告進行選定，其中雨量資料包含氣象局資料與水利署資料，中部區域雨量站位置分佈如圖2-1說明。本計畫以此16站代表中部區域各流域之降雨情況，進而推估中部區域地下水、氣候變遷雨量繁衍、降雨逕流。

流量站資料包含水利署及台灣電力股份有限公司的流量站資料，共18個流量站，做為降雨逕流推估及水源調配模式應用，本計畫採用之流量站列表詳列如表2-1所示。其分佈圖詳見圖2-2，

流量站資料於水資源系統分析中，連續性資料為分析所必需，若在欲分析位址已經設有流量站，則可直接引用其觀測資料，若尚未設置流量站，則需由鄰近流量站之觀測資料，以間接方法推估該位址之流量。

參考水利署「台灣地區水資源總量管制機制規劃」、「中區水資源永續經營管理策略規劃(2006)」、「大安溪大甲溪水資源聯合運用正式報告(2010)」、「鯉魚潭水庫與石岡壩水源運用檢討報告」等規劃報告及面積比法選定中部區域各河系水源點入流量推估式詳如表2-2所示。

## (二)雨量及流量資料

### 1.中港溪

中港溪發源於加里山山脈的鹿場大山，主要支流有南庄溪、峨嵋溪和南港溪，流域面積445.5平方公里，幹流長度54公里，年逕流量約4億立方公尺。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，寶山第二水庫位於峨嵋溪支流石井溪上游，由頭前溪支流上坪溪燥樹排攔河堰越域引水，與中港溪支流南庄溪的田美攔河堰引水送至永和山水庫同屬中港溪流域。

### 2.大甲溪

大甲溪發源於中央山脈的第三高山南湖大山，主要支流為七家灣溪、南湖溪、合歡溪、志樂溪、中崙溪等，流域範圍幾乎全在台中市境內，於大安區與清水區間注入台灣海峽。幹流長124.2公里，流域面積1235.7平方公里，年逕流量約25.9億。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。

### 3.大安溪

大安溪發源於雪山山脈之大壩尖山，主要支流為景山溪、馬達拉溪、老庄溪、大雪溪、次高溪、雪山坑溪、南坑溪、烏石坑溪等，流域面積758.4平方公里，年逕流量約15.7億立方公尺，幹流長度95.7公里，橫越苗栗縣泰安鄉、卓蘭鎮、三義鄉和台中市外埔區、大甲區，台中市之大甲區與大安區交界處入海，位於景山溪上游的鯉魚潭水庫為本水系唯一水庫。

### 4.後龍溪

後龍溪發源於加里山山脈的鹿場大山，主要支流有汶水溪、大湖溪、沙河溪和老田寮溪，流域面積536.5平方公里，幹流長度58.3公里，年逕流量約9億立方公尺，流經獅潭鄉、大湖鄉、公館鄉、頭屋鄉、苗栗市，於後龍鎮出海。流域內有明德水庫，位處其支流老田寮河流域，主要功能在提供多山的苗栗地區農業灌溉及公共用水。

### 5.濁水溪

以水質混濁得名，發源於合歡山主峰與東峰間佐久鞍部，主要支流有霧社溪、萬大溪、丹大溪、郡大溪、巒大溪、陳有蘭溪、水里溪、東埔蚋溪和清水溪等，流域面積3157平方公里，年逕流量約61億立方公尺，幹流長度186.6公里，為全省最長河川，流經南投縣、彰化縣和雲林縣，於彰化及雲林縣交界處入海，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、銃櫃調整池、頭社水庫、鹿谷堰及集集攔河堰等，為台灣水力蘊藏最豐富之河川，更有全台兩座抽蓄水力發電廠。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。

## 6.烏溪

烏溪發源於南投縣中央山脈合歡山西麓，主要支流有北港溪、南港溪、貓羅溪、大里溪、筏子溪等，自烏日以下稱大肚溪，流域面積2025.6平方公里，年逕流量約37.2億立方公尺，幹流長119.1公里，於彰化和台中縣交界入海。本溪流量豐沛，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。



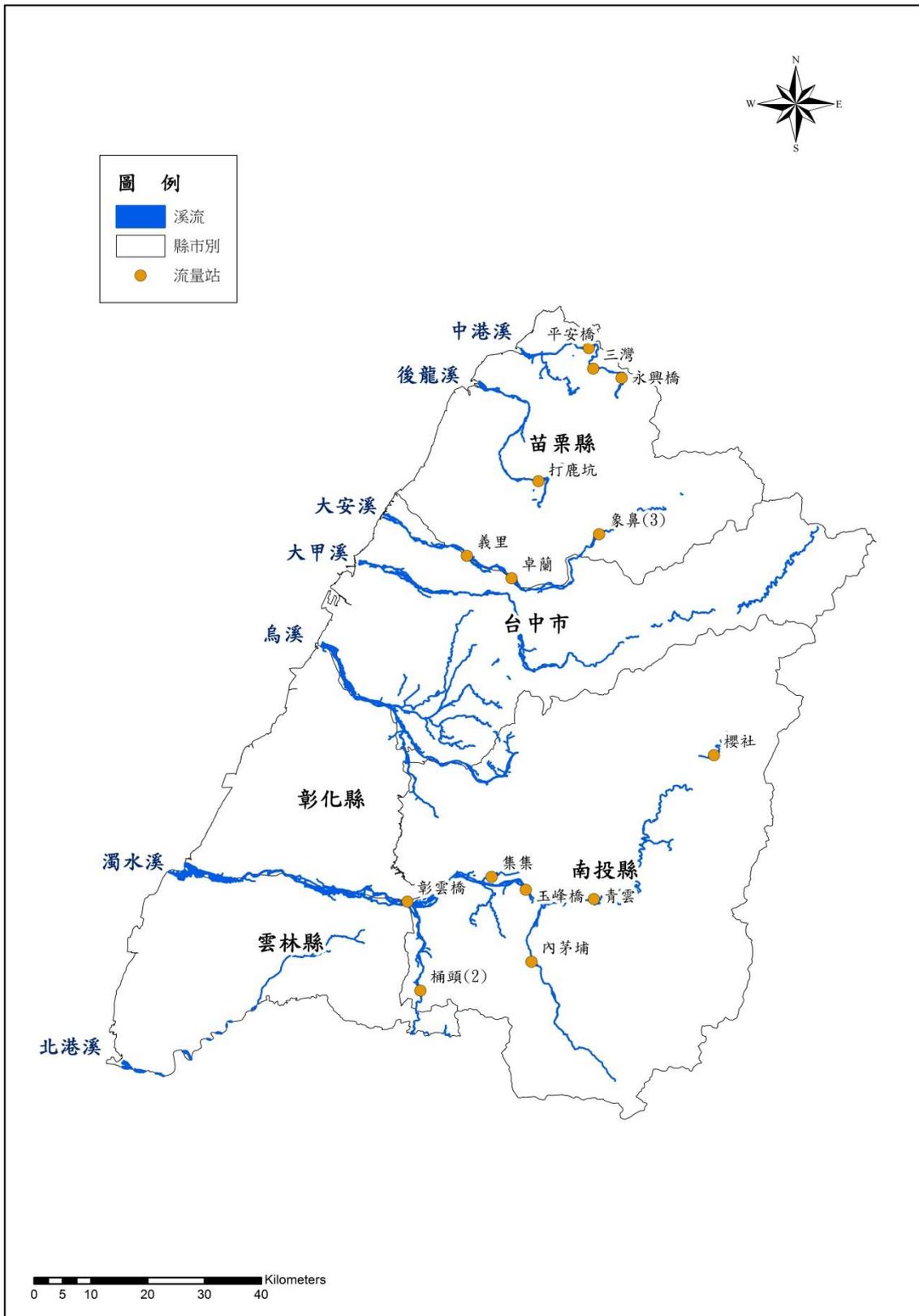


圖2-2 中部區域選用流量站分佈圖

表 2-1 中部區域重要流量站說明

流量站名稱	站號	流域	河川	集水面積 (km <sup>2</sup> )	管理單位	流量站記錄年份 (西元)
打鹿坑站	1350H001	後龍溪	後龍溪	247.28	第二河川局	1955-2010
永興橋	1340H009	中港溪	中港溪	144.46	第二河川局	1986-2010
三灣	1340H006	中港溪	中港溪	165.42	第二河川局	1971-1984
平安橋	1340H008	中港溪	中港溪	218.12	第二河川局	1985-2010
卓蘭站	1400H011	大安溪	大甲溪	599.32	第三河川局	1973-2006
象鼻(3)	1400H015	大安溪	大安溪	437.58	第三河川局	1991-2010
義里站	1400H009	大安溪	大安溪	633.18	第三河川局	1966-2010
玉峰橋站	1510H063	濁水溪	濁水溪	2,098.94	第三河川局	1994-2010
彰雲橋站	1510H057	濁水溪	濁水溪	2,906.32	第三河川局	1985~2010
集集	1510H021	濁水溪	濁水溪	1,9500	經濟部水利署	1941~1944,1948~1994
桶頭(2)	1510H024	濁水溪	清水溪	259.2	第四河川局	1941-1944,1947-1952,1955-2009
內茅圃站	1510H014	濁水溪	陳有蘭溪	367.4	第四河川局	1992-2000,2003-2010
櫻社	1510H031	濁水溪	霧社溪	1,065.00	台灣電力公司	1957~1982,1991~1994
青雲站	1510H011	濁水溪	濁水溪	1,526.26	台灣電力公司	1955-1970,1977-2001

(資料來源：經濟部水利署全球資訊網(<http://www.wra.gov.tw/>)。)

表 2-2 中部區域各河系水源點入流量推估(1/2)

河系名稱	河川名稱	水工結構物名稱	流量推估式	計算年限(西元)	參考出處
中港溪河系	中港溪	田美堰	$Q_{中港溪} = 1.0736 \times Q_{打鹿坑站}^{0.7807}$ (4~9月)	1981-1985	註 2
			$Q_{中港溪} = 0.003 \times Q_{打鹿坑站}^2 + 0.5439 \times Q_{打鹿坑站} + 0.9905$ (10~3月)		
			$Q_{中港溪} = Q_{永興橋站}$	1986-2010	註 2
	峨眉溪	大埔水庫	$Q_{峨眉溪} = 0.7821 \times Q_{中港溪}$	1981-2010	註 2
	中港溪側流量 1		$Q_{測流量1} = 0.2544 \times Q_{中港溪}$	1981-2010	註 2
中港溪側流量 2		$Q_{測流量2} = 0.660 \times (Q_{中港溪} + Q_{峨眉溪} + Q_{中港溪側流量1})$	1981-2010	註 2	
後龍溪河系	後龍溪	打鹿坑堰	$Q_{後龍溪} = Q_{打鹿坑站}$	1981-2010	註 2
	老田寮溪	明德水庫	$Q_{老田寮溪} = 1.309 \times Q_{竹排潭站}$	1981-1998	註 2
			$Q_{老田寮溪} = 0.247 \times Q_{打鹿坑站}$	1999-2003	註 6
			$Q_{老田寮溪} = Q_{明德水庫入流量}$	2004-2010	註 5
	後龍溪側流量 1		$Q_{測流量1} = 0.6646 \times Q_{打鹿坑站}$	1981-2010	註 2
後龍溪側流量 2		$Q_{測流量2} = 0.0913 \times (Q_{後龍溪} + Q_{老田寮溪} + Q_{後龍溪側流量1})$	1981-2010	註 2	
大安溪	大安溪	士林堰	$Q_{大安溪} = 2.85 + 0.814 \times Q_{卓蘭站}$	1981-1990	註 1
			$Q_{大安溪} = Q_{象鼻(3)站}$	1991-2010	註 1
	景山溪	鯉魚潭	$Q_{景山溪} = Q_{鯉魚潭站}$	1981-1988	註 1
			$Q_{景山溪} = 0.098 \times Q_{義里}$	1989-1995	註 1
			$Q_{景山溪} = Q_{鯉魚潭水庫入流量}$	1996-2010	註 5
大安溪	雪山坑溪		$Q_{雪山坑溪} = 0.097 \times Q_{士林攔河堰入流}$	1981-2010	註 6
大甲溪	大甲溪	德基水庫	$Q_{大甲溪} = Q_{德基水庫入流量}$	1981-2010	註 5
	食水崙溪		$Q_{食水崙溪} = 0.067 \times Q_{德基水庫入流量}$	1981-2010	註 6
	大甲溪側流量		$Q_{大甲溪側留} = 1.0642 \times Q_{德基水庫入流量}$	1981-2010	註 6

表 2-2 中部區域各河系水源點入流量推估(2/2)

河系名稱	河川名稱	水工結構物名稱	流量推估式	計算年限 (西元)	參考出處
濁水溪	霧社溪	霧社水庫	$Q_{\text{霧社水庫}} = 0.437 \times Q_{\text{武界站}}$	1981	註 1
			$Q_{\text{霧社水庫}} = Q_{\text{霧社水庫入流量}}$	1982-2010	註 5
	陳有蘭溪		$Q_{\text{陳有蘭溪}} = Q_{\text{苗圃站}} - [\text{武界壩溢流量}] - [\text{日月潭發電水量}] - Q_{\text{水里站}} - Q_{\text{栗栖溪}}$	1981-1993	註 3
			$Q_{\text{陳有蘭溪}} = Q_{\text{玉峰橋}} - [\text{武界壩溢流量}] - Q_{\text{栗栖溪}}$	1994-2001	註 3
			$Q_{\text{陳有蘭溪}} = Q_{\text{集集堰入流量}} - [\text{武界壩溢流量}] - [\text{日月潭發電水量}] - Q_{\text{栗栖溪}}$	2002-2010	註 3
	栗栖溪		$Q_{\text{栗栖溪}} = 0.063 \times Q_{\text{青雲站}}^{0.912}$	1981-2001.06	註 3
			$Q_{\text{栗栖溪}} = 0.282 \times Q_{\text{霧社溪}}^{0.843}$	2001.07-2010	註 3
	清水溪	桶頭堰	$Q_{\text{清水溪}} = Q_{\text{桶頭(2)站}}$	1981-2010	註 3
	加走寮溪		$Q_{\text{加走寮溪}} = 0.383 \times Q_{\text{桶頭(2)站}}$	1981-2010	註 2
	水里溪		$Q_{\text{水里溪}} = 0.650 \times Q_{\text{加走寮溪}}$	1981-1993	註 1
		$Q_{\text{水里溪}} = 1.109 \times Q_{\text{水里站}}$	1994-2010	註 1	
梅林溪	湖山水庫	$Q_{\text{梅林溪}} = 0.0254 \times Q_{\text{桶頭(2)站}}$	1981-2010	註 6	
烏溪	烏溪	烏溪橋	$Q_{\text{烏溪橋}} = Q_{\text{烏溪橋站}}$	1981-2010	註 7
	大度橋側流量		$Q_{\text{大度橋}} = Q_{\text{大度橋站}}$	1981-2010	註 7

- 註：
1. 大安溪大甲溪水資源聯合運用初步規劃報告，民國 94 年
  2. 中區水資源永續經營管理策略規劃，民國 95 年
  3. 濁水溪水系現有水庫水資源運用可行性評估(1)，民國 97 年
  4. 烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)工程可行性規劃，民國 98 年
  5. 水庫營運報表
  6. 本計畫面積比推估
  7. 烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃總報告，民國 99 年

### (三)水源利用概況

了解中部區域水源利用概況與供水系統配置，以做為水源調配模式建立之參考。中部區域以用水分區劃分，可分為苗栗、台中、彰雲投(彰化、雲林、南投)等3個分區，雖有永和山水庫、明德水庫、鯉魚潭水庫、德基水庫、谷關水庫、石岡壩、霧社水庫及日月潭等水庫，但水資源分配不均，部份水源仰賴上游發電尾水，但921地震後造成漏水率增加；部分地區缺乏地面水源，仰賴區域性水源與地下水供應，造成地層下陷之影響。現有水資源設施相關基本資料整理如表2-3所示，設施位置如圖2-3所示。苗栗地區主要供應水源為明德水庫、大埔水庫、永和山水庫及區域性與地下水水源，並規劃天花湖水庫以供應日益增加之需求，苗栗水源調配系統架構如圖2-4所示；台中地區主要供應水源為德基水庫、石岡壩、鯉魚潭水庫及區域性與地下水水源，台中水源調配系統架構如圖2-5所示；彰化地區主要供應水源為集集攔河堰、區域性與地下水水源及台中支援量，並規劃烏嘴潭攔河堰及大度攔河堰以供應日益增加之需求，南投地區主要供應水源為區域性與地下水水源，並規劃烏嘴潭攔河堰以供應日益增加之需求，雲林地區主要供應水源為霧社水庫、日月潭水庫、集集攔河堰及區域性與地下水水源，並規劃湖山水庫以供應日益增加之需求，彰、雲、投水源調配系統架構如圖2-6所示。

表 2-3 中部區域現有水資源設施基本資料

計畫名稱	位置	流域別	水源	有效容量 (萬立方公尺)	標的	備註
大埔水庫	新竹縣 峨眉鄉	中港溪	峨眉溪	474.15	灌溉	
永和山水庫	苗栗縣 頭份鎮	中港溪	北坑溝溪	2,606	灌溉、 給水	離槽水庫
明德水庫	苗栗縣 頭屋鄉	後龍溪	老田寮溪	1,276	灌溉、 給水	
鯉魚潭水庫	苗栗縣 三義鄉	大安溪	景山溪	11,565	灌溉、 給水	水庫水及川流水， 以扣除供應苗栗 7萬立方公尺/日 及支援彰化地區 8萬立方公尺/日
石岡壩	台中市 石岡區	大甲溪	大甲溪	143	灌溉、 給水	
德基水庫	台中市 和平區	大甲溪	大甲溪	15,190	發電	
霧社水庫	南投縣 仁愛鄉	濁水溪	濁水溪	5,379	發電	
日月潭	南投縣 魚池鄉	濁水溪	日月潭	13,314	發電、 灌溉、 給水	離槽水庫
集集攔河堰	南投縣 集集鎮	濁水溪	濁水溪	944	給水、 灌溉	

(資料來源：經濟部水利署全球資訊網(<http://www.wra.gov.tw>)。)



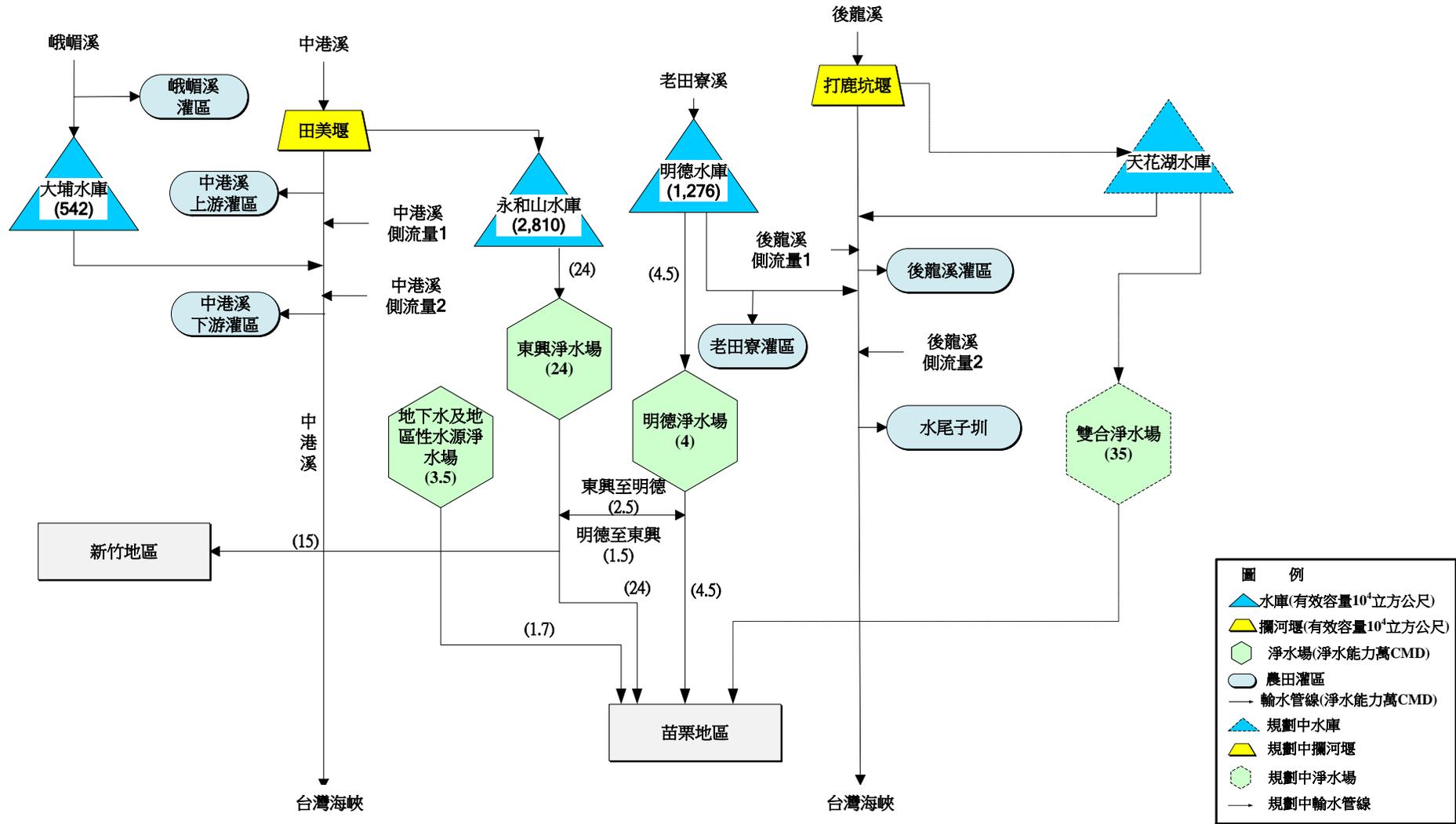


圖2-4 苗栗地區水源調配系統圖

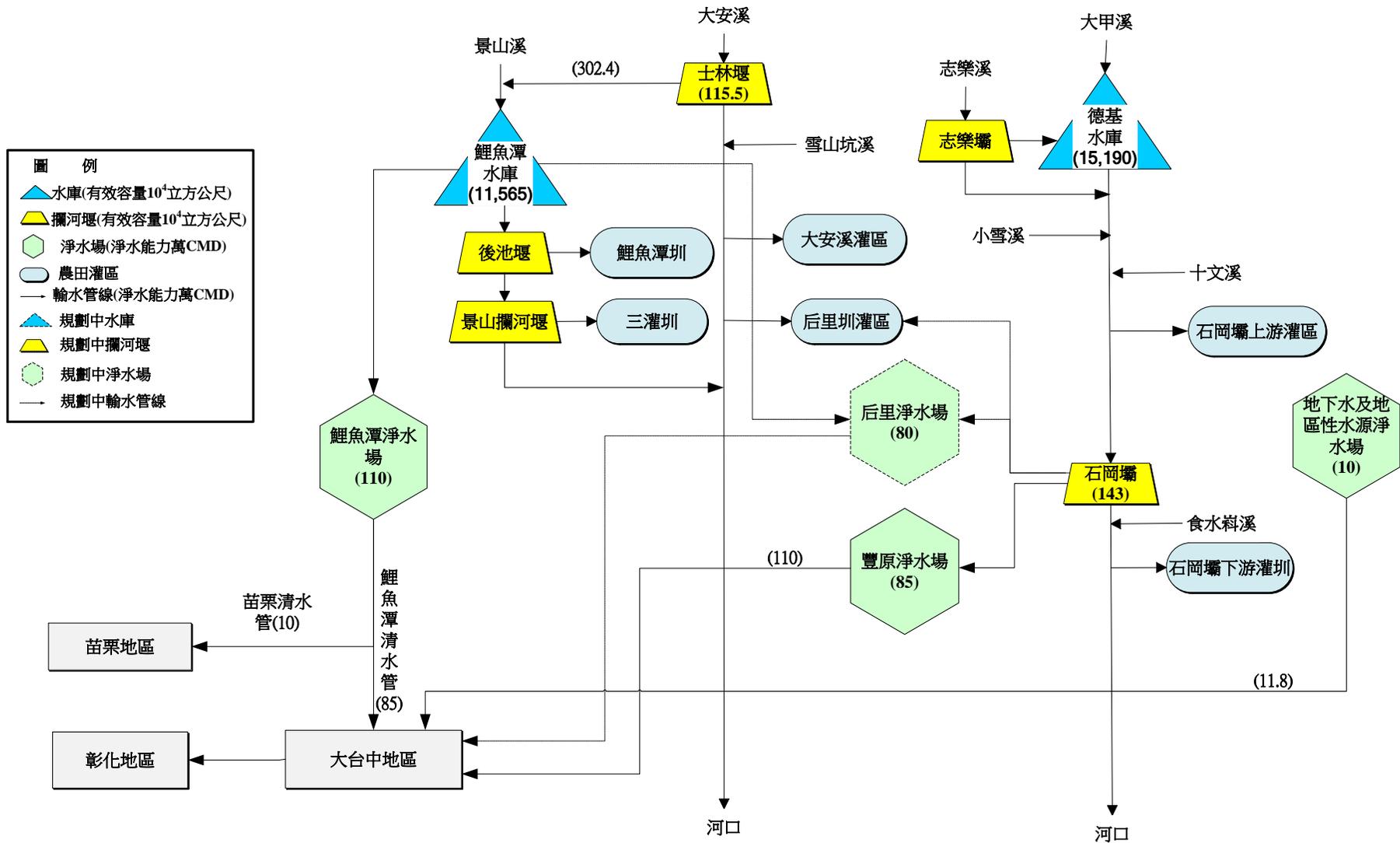


圖2-5 台中地區水源調配系統圖



### (三)水庫設施資料

蒐集水庫設施基本資料如有效庫容、高程面積容積曲線(HAV曲線)、運用規線及運轉規則等，以作為水資源調配模式建立之參考，以下針對各水庫設施蒐集資料進行說明：

#### 1、永和山水庫

永和山水庫位於苗栗縣頭份鎮與三灣鄉交界之中港溪支流北坑溝溪上游，主要水源來自中港溪支流南庄溪田美攔河堰，運轉主要設施有大壩、溢洪道、取、出水工。管理權屬台水公司，民國101年量測容量為2,606萬立方公尺，屬離槽水庫，第三區管理處負責營運管理，最高蓄水位標高85公尺。

本水庫有效蓄水運轉，應依下列規定辦理。

(1)蓄水量在下限水位以上時，公共給水按正常需水量供應。

對農業救旱用水最大供應每秒0.35立方公尺。

(2)蓄水量在下限水位以下時，公共給水應視水情減縮供水量。

農業救旱用水在水位介於基準線至62公尺之間時，比照公共給水縮減供應，水位低於62公尺之後，即不再供應農業救旱用水。永和山水庫運轉規線如表2-4所示，水庫之高程-容量資料如表2-5所示。

表 2-4 永和山水庫運轉規線表

單位：公尺

月份	旬	警戒限值	下限	嚴重下限	呆水位
1	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
2	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
3	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
4	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
5	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
6	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
7	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
8	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
9	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
10	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
11	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00
12	上	77.13	75.50	69.32	50.00
	中	77.13	75.50	69.32	50.00
	下	77.13	75.50	69.32	50.00

(資料來源：水利署水利系統法規查詢網頁

(<http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/index.jsp>)。)

**表 2-5 永和山水庫高程-容量數值表**

水位 (公尺)	容積 (萬立方公尺)	水位 (公尺)	容積 (萬立方公尺)
36	0.1	60	359.55
37	0.35	62	452.83
38	0.83	64	561.18
39	1.58	66	686.46
40	2.64	68	831.91
42	6.71	70	997.54
43.5	11	72	1,184.94
44	12.93	74	1,398.87
46	24.47	76	1,640.12
48	44.01	78	1,910.48
50	71.97	80	2,208.14
52	108.89	82	2,527.91
54	155.44	84	2,866.54
56	212.23	85	2,924.59
58	280.04		

(資料來源：台灣自來水股份有限公司第三管理處。)

## 2、明德水庫

明德水庫位於苗栗縣頭屋鄉明德村後龍溪支流老田寮溪上游，主要供應農業用水、家用及公共給水、工業用水等標的使用，其運轉設施有大壩、溢洪道、取出水工。為目前後龍溪流域僅有之大型水源設施。明德水庫之管理權屬苗栗農田水利會，屬在槽水庫。

明德水庫蓄水利用，其運用規線設上限、下限，如表 2-6 所示，高程-容量數值表如表 2-7 所示，其規線運用依下列規定辦理：

- (1) 蓄水量超過上限時，應按各標的計畫用水量供應。
- (2) 蓄水量在上限以下與下限以上時，家用及公共給水、工業用水按計畫用水量之百分之九十供應，農業用水則按計畫用水量之百分之八十供應。

(3)蓄水量在低於下限時，家用及公共給水、工業用水按計畫用水量百分之七十五供應，農業用水則按計畫用水量之百分之七十供應。

(4)依第一款至第三款規定縮減各標的用水，水庫蓄水仍不敷分配使用時，應視當時情況依各標的的縮減方式再縮減分配供應，或由本部水利署中區水資源局、水利會、台灣自來水股份有限公司協商辦理。

**表 2-6 明德水庫運轉規線表**

單位：公尺

月份	旬	上限	下限	月份	旬	上限	下限
1	上	55.4	52.03	7	上	59.54	56.26
	中	55.24	52.04		中	59.86	57.08
	下	55.08	52.06		下	60.03	57.85
2	上	54.9	52.1	8	上	60.46	58.71
	中	54.74	52.11		中	60.84	59.43
	下	54.58	52.15		下	60.86	59.22
3	上	54.42	52.2	9	上	60.86	59.01
	中	54.24	52.21		中	60.86	58.77
	下	54.04	52.28		下	60.88	58.34
4	上	53.86	52.32	10	上	60.88	57.9
	中	53.66	52.36		中	60.29	57.46
	下	53.98	52.38		下	59.67	56.86
5	上	54.27	52.42	11	上	59.16	55.96
	中	54.38	52.46		中	58.41	54.92
	下	54.48	52.48		下	57.74	54.1
6	上	54.59	52.52	12	上	57.01	53.05
	中	54.68	52.54		中	56.01	52.23
	下	56.86	53.34		下	55.21	52.03

(資料來源：水利署水利系統法規查詢網頁

(<http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/index.jsp>)。)

**表 2-7 明德水庫高程-容量數值表**

水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)	水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)
42.0	0.00	52.0	316.52
42.5	4.82	53.0	376.68
43.0	11.95	54.0	467.84
44.0	29.63	55.0	549.89
45.0	48.64	56.0	646.75
46.0	73.44	57.0	758.55
47.0	110.81	58.0	883.27
48.0	134.24	59.0	1,022
49.0	171.25	60.0	1,172
50.0	213.54	61.0	1,330
51.0	261.56		

(資料來源：苗栗農田水利會。)

### 3、鯉魚潭水庫

大安溪流域主要水資源設施為士林攔河堰與鯉魚潭水庫，鯉魚潭水庫位於苗栗縣三義鄉大安溪支流景山溪，係一離槽水庫，集水面積53.45平方公里，有效蓄水量11,565立方公尺，主要目標供應苗栗縣及台中地區的家用及公共給水、農業用水及工業用水等用水標的使用同時具有觀光、灌溉、防洪、發電等四大功能，負責管理運用知單位為水利署中區水資源局，其運轉主要設施為大壩、溢洪道、取出水工、後池堰。

本水庫運用規線如表2-8所示，高程-容量數值如表2-9所示，其運用依下列原則供水：

- (1) 水庫水位高於上限時，家用及公共給水、工業用水以計畫用水量全額供水。

(2) 水庫水位在上限以下未達下限時，家用及公共給水、工業用水以計畫用水量百分之九十五供水

(3) 水庫水位在下限以下未達嚴重下限時，家用及公共給水、工業用水以計畫用水量百分之八十五供水

(4) 水庫水位降至嚴重下限以下時，家用及公共給水、工業用水以計畫用水量百分之七十供水

依前項供水不敷使用時，家用及公共給水與工業用水需調用農業用水供應時，依農業用水調度使用協調作業要點規定辦理。

**表 2-8 鯉魚潭水庫運轉規線表**

單位：公尺

月份	旬	上限	下限	嚴重下限	月份	旬	上限	下限	嚴重下限
1	上	281	277.5	270	7	上	288.5	280	276
	中	278.5	275	268		中	291.5	284	280.5
	下	276	272.5	266		下	294.5	288	285
2	上	273.5	270	264	8	上	296.5	292	285
	中	271	267.5	262		中	296.5	292	285
	下	268.5	265	260		下	296.5	292	285
3	上	266	262.5	257.5	9	上	296.5	292	285
	中	266	260	255		中	296.5	292	285
	下	266	260	252.5		下	296.5	292	285
4	上	266	260	252.5	10	上	296.5	292	285
	中	266	260	252.5		中	295	290.5	283.5
	下	266	260	252.5		下	293.5	289	282
5	上	266	260	252.5	11	上	292	287.5	280.5
	中	266	260	252.5		中	290.5	286	279
	下	266	260	252.5		下	289	284.3	277.2
6	上	266	260	252.5	12	上	287	282.6	275.4
	中	273.5	268	262		中	285	280.9	273.6
	下	281	276	271.5		下	283	279.2	271.8

(資料來源：水利署水利系統法規查詢網頁

(<http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/index.jsp>)。)

表 2-9 鯉魚潭水庫高程-容量數值表

水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)
235	52.90
240	220.09
245	436.91
250	705.08
255	1,100.19
260	1,642.96
265	2,301.03
270	3,087.94
275	4,021.50
280	5,131.43
285	6,473.58
290	8,030.31
295	9,822.50
300	11,871.99

(資料來源：鯉魚潭水庫管理中心，100 年。)

#### 4、霧社水庫

霧社水庫位於南投縣仁愛鄉濁水溪上游之霧社溪上，海拔在1,000公尺左右，集水面積為216平方公里，水庫滿水面積為3.36平方公里，主要供應水力發電用水，並配合下游各標的用水，運轉主要設施有大壩、壩頂溢洪道、排洪隧道、發電進水口、永久河道放水口。其管理機構為台灣電力股份有限公司台電公司萬大發電廠負責營運管理。

本水庫與日月潭水庫聯合運用，其發電運用規線如表2-10所示，高程-容量數值如表2-11所示。運用原則如下：

- (1) 水庫水位運用規線以上時，以不超過萬大電廠最大發電放水量為原則。
- (2) 水庫水位低於運用規線時，萬大電廠放水以河川天然流量集中於供電系統尖峰時段運轉為原則。

(3) 本水庫與日月潭水庫配合下游各標的用水需求，由水利署中區水資源局(以下簡稱中水局)協調台電公司調整發電放水量。

**表 2-10 霧社水庫運轉規線表**

單位：公尺

月份	旬	發電規線	月份	旬	發電規線
1	上	1,003.1	7	上	984.23
	中	1,002.8		中	986.31
	下	1,002.4		下	988.38
2	上	1,002.1	8	上	990.46
	中	999.42		中	992.54
	下	996.74		下	994.62
3	上	994.07	9	上	996.69
	中	991.39		中	998.77
	下	988.71		下	1,000.8
4	上	986.03	10	上	1,002.9
	中	983.36		中	1,005
	下	980.68		下	1,004.7
5	上	978	11	上	1,004.5
	中	978		中	1,004.2
	下	978		下	1,003.9
6	上	978	12	上	1,003.6
	中	980.08		中	1,003.4
	下	982.15		下	1,003.1

(資料來源：水利署水利系統法規查詢網頁

(<http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/index.jsp>)。)

**表 2-11 霧社水庫高程-容量數值表**

水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)	水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)
960	0	985	2,357
965	7	990	3,206
970	413	995	4,178
975	972	1000	5,309
980	1,625	1005	6,623

(資料來源：台灣電力股份有限公司萬大發電廠提供。)

## 6、日月潭水庫

日月潭舊稱水沙連，全潭以LALU島(原光華島)為界，南形如月弧，北形如日輪，故名日月潭，潭面景像萬千，為台灣的八景之一。日月潭水庫位於南投縣魚池鄉水社村及日月村，為一離槽水庫，主要水源自濁水溪武界壩及支流栗栖壩引入，其運轉主要設施有水社壩、頭社壩、溢流井、大觀發電廠、明潭發電廠進水口。其管理機構為台灣電力股份有限公司台電公司大觀發電廠負責營運管理。水庫集水面積包括霧社溪216平方公里，萬大溪149平方公里，霧社水庫至武界壩及日月潭水庫周圍151.9平方公里，合計約520平方公里。

日月潭水庫電運用規線如表2-12所示，高程-容量數值如表2-13所示。而其運轉原則如下：

- (1)當水庫水位高於運用規線時，本水庫之放水量，在不影響尖峰時段電力供應及河川下游標的用水量之情形下，依經濟部水利署中區水資源局及各相關單位協調決定之放水量，酌量節制放水。

(2)當水庫水位低於運用規線時，水庫蓄水除提供電力調度緊急需求用水外，應依經濟部水利署中區水資源局及各相關單位協調之原則配合放水。

**表 2-12 日月潭水庫運轉規線表**

單位：公尺

月份	旬	發電規線	月份	旬	發電規線
1	上	281	7	上	288.5
	中	278.5		中	291.5
	下	276		下	294.5
2	上	273.5	8	上	296.5
	中	271		中	296.5
	下	268.5		下	296.5
3	上	266	9	上	296.5
	中	266		中	296.5
	下	266		下	296.5
4	上	266	10	上	296.5
	中	266		中	295
	下	266		下	293.5
5	上	266	11	上	292
	中	266		中	290.5
	下	266		下	289
6	上	266	12	上	287
	中	273.5		中	285
	下	281		下	283

(資料來源：水利署水利系統法規查詢網頁

(<http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/index.jsp>)。)

**表 2-13 日月潭水庫高程-容量數值表**

水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)	水位 (公尺)	累積容積 (萬立方公尺)
730	2,452	743	9,185
736	5,058	744	9,199
737	5,069	745	9,213
738	5,080	746	9,227
739	5,092	747	9,241
740	5,103	748	9,255
741	5,114	748	9,255
742	9,171		

(資料來源：台灣電力股份有限公司大觀發電廠提供。)

## 7、德基水庫

德基水庫位於臺中市和平區大甲溪上游為一多目標水庫，具有發電、灌溉及公共給水等功能，為大甲溪流域綜合開發之樞紐。水庫管理機構為台灣電力股份有限公司，並由台電公司大甲溪發電廠（以下簡稱大甲溪電廠）負責營運管理。其河系主流為大甲溪，並以隧道引取支流志樂溪流量；其運轉主要設施有大壩、排洪隧道、溢洪道、排砂道、放水口、發電取水口。水庫集水面積592平方公里，完工初期總蓄水量23,200萬立方公尺，現況總蓄水量15,190萬立方公尺

依據台電公司於100年11月委託研訊工程顧問公司之淤積測量結果，水庫之面積與容積如表2-14所示，本水庫運用規線如表2-15所示，其運轉規則依下列規定辦理：

- (1)水庫水位超過運用規線時，以電力系統調度為主，必要時配合下游各標的用水需求放水。
- (2)水庫水位於運用規線以下時，除電力系統處於緊急狀況外，應配合下游各標的用水需求放水。

(3)蓄水利用期間應向本部水利署中區水資源局(以下簡稱中水局)石岡壩管理中心傳遞資訊。

前項各標的用水需求由中水局召集各相關單位協商後執行。

**表 2-14 德基水庫高程-面積-容量數值表**

標高 (公尺)	面積 (萬平方公尺)	累計容積 (萬立方公尺)
1312	0	0
1320	76.56	341.19
1330	102.76	1,239.96
1340	132.32	2,414.79
1350	158.87	3,872.73
1360	184.76	5,586.53
1370	225.99	7,611.12
1380	260.07	10,026.35
1390	293.21	12,795.65
1400	370.36	16,014.45
1409	451.91	19,717.12
1409.5	455.37	19,943.94

(資料來源：民國 100 年 11 月，研訊工程顧問公司，「德基水庫淤積測量成果」。)

**表 2-15 德基水庫運轉規線表**

單位：公尺

月份	1			2			3		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
規線水位	1,405.90	1,405.50	1,405.20	1,404.80	1,404.50	1,404.10	1,400.90	1,397.80	1,394.60
月份	4			5			6		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
規線水位	1,391.40	1,388.20	1,385.10	1,381.90	1,378.70	1,375.50	1,372.40	1,369.20	1,366.00
月份	7			8			9		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
規線水位	1,371.70	1,377.40	1,383.10	1,388.80	1,394.50	1,400.20	1,402.20	1,404.10	1,406.10
月份	10			11			12		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
規線水位	1,408.00	1,407.70	1,407.50	1,407.20	1,407.00	1,406.70	1,406.40	1,406.20	1,405.90

(資料來源：水利署水利系統法規查詢網頁 (<http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/index.jsp>))

#### (四)自來水供水系統

蒐集中部區域自來水供水管網分佈情況及淨水場設計處理能力(詳如表2-16)，以做為水源調配模式建立與自來水管網分析模擬之參考，以下針對蒐集資料進行說明：

##### 1、苗栗地區

苗栗地區自來水系統屬於台水公司第三區管理處管轄，其供水系統及管網如圖2-7所示。依供水系統別可分為苗栗、大湖、竹南頭份、鯉魚潭及南庄等供水系統。苗栗系統主要由明德淨水場、苗栗淨水場、公館淨水場供水，供水地區含苗栗市、頭屋鄉、造橋鄉(錦水、大西、大龍)、後龍鎮、公館鄉及頭份鎮(邊緣約10戶)等6個鄉鎮市。竹南頭份系統主要由東興淨水場供水，供應地區含竹南鎮、頭份鎮、造橋鄉、後龍鎮等4個鄉鎮市。鯉魚潭供水系統主要由中興淨水場、三義淨水場供水及鯉魚潭淨水場支援，供應地區含銅鑼鄉、三義鄉、西湖鄉、後龍鎮、苑裡鎮、通霄鎮等6個鄉鎮市。

##### 2、台中地區

台中地區自來水系統隸屬於台水公司第四區管理處管轄，其供水系統及管網如圖2-8所示。依供水系統別可分為台中系統、新社、谷關、霧峰、東勢、卓蘭、梨山、大肚、大甲、外埔等供水系統，供水地區含台中市(和平、東勢、新社、霧峰、大甲、太平、外埔、清水、梧棲、龍井、大肚、沙鹿、大安、烏日區除外)並支援三區、苗栗及十一區彰化地區。台中區系統主要由鯉魚潭給水場、豐原給水廠供水，供水地區含豐原區、神岡區、大雅區、潭子區、太平區、大里區、霧峰區、烏日區、大肚區及台中港

特定區(龍井、沙鹿、梧棲、清水)、后里、中區、東區、南區、西區、北區、西屯區、南屯區、北屯區，梨山供水系統主要由梨山淨水場供水，供應地區為和平區(梨山、松茂)。

### 3、南投地區

南投地區自來水系統隸屬於台水公司第四區管理處管轄，其供水系統及管網如圖2-9所示。依供水系統別可分為埔里、大平頂、霧社、日月潭、德化、東光、南投、水里、信義、草屯、坪頂、鹿谷、地利、人倫、羅娜等15個供水系統，供水系統資料。其中大平頂、霧社、日月潭、德化、東光、信義、坪頂、鹿谷、地利、人倫、羅娜、國姓供水系統係屬偏遠之獨立系統，埔里、南投、水里、草屯為南投地區主要供水系統。水里系統主要由水里淨水場、集集淨水場、坪頂埔淨水場、端竹淨水場供水，供水地區含集集鎮、水里鄉、竹山鎮、名間鄉(磨仔坑)等4個鄉鎮市。埔里、南投、草屯大多以地下水為主要水源，供水地區含埔里鎮、名間鄉、南投市、中寮鄉、芬園鄉、草屯鎮等6個鄉鎮市。

### 4、彰化地區

彰化地區自來水系統隸屬於台灣自來水公司第十一區管理處管轄，其供水系統及管網如圖2-10所示。依供水系統別可分為彰化、花壇、北斗、二林、康港、員林、二水、溪湖等供水系統。供應含彰化市、和美鎮、伸港鄉、線西鄉、花潭鄉、大村鄉、秀水鄉、埔心鄉、北斗鎮、永靖鄉、溪洲鄉、田尾鄉、埤頭鄉、溪湖鎮、大城鄉、芳苑

鄉、竹塘鄉、二林鄉、鹿港鎮、福興鄉、員林鎮、二水鄉、社頭鄉、埔鹽鄉等鄉鎮市。

## 5、雲林地區

雲林地區自來水系統隸屬於台水公司第五區管理處管轄，其供水系統及管網如圖2-11所示。依供水系統別可分為古坑、林內、崙背、麥寮、四湖等供水系統。其中古坑、崙背、麥寮、四湖係屬偏遠之獨立系統。林內系統主要由林內淨水場、埤仔頭淨水場、阿丹淨水場、西螺淨水場供水，供水地區含林內鄉、大埤鄉、虎尾鎮、莿桐鄉、元長鄉、褒忠鄉、北港鎮、水林鄉、古坑鄉(棋盤村)、斗六市、斗南鎮、西螺鎮、二崙鄉(大華村華北)、土庫鎮、東勢鄉、台西鄉(五榔村、富崎村青埔、和豐村火燒牛稠)、四湖村(溪底村)、口湖鄉等鄉鎮市。

**表 2-16 中部區域地面水淨水場設計處理能力表**

地區	系統名稱	淨水場名稱	淨水場或其他產水設備出水能力 (立方公尺/日)	備註
苗栗	苗栗系統	明德淨水場	40,000	1.受鯉魚潭系統支援 15,374CMD。 2.支援竹南頭份系統約 0CMD。 3.受竹南頭份系統支援約 5,722 CMD。
	竹南頭份系統	東興淨水場	240,000	1.支援新竹系統 38,239CMD。 2.支援苗栗系統約 5,722CMD。 3.受苗栗系統支援約 0CMD。
台中	台中系統	鯉魚潭淨水場	1,100,000	
	台中系統	豐原淨水場	1,000,000	豐原淨水場最大出水能力僅能供 85 萬立方公尺/日
彰、雲、投	國姓系統	大旗尾淨水場	5,380	
	林內系統	林內淨水場	198,000	

(資料來源：民國 100 年，水資源暨自來水供水系統聯合調度管理系統建置探討。)

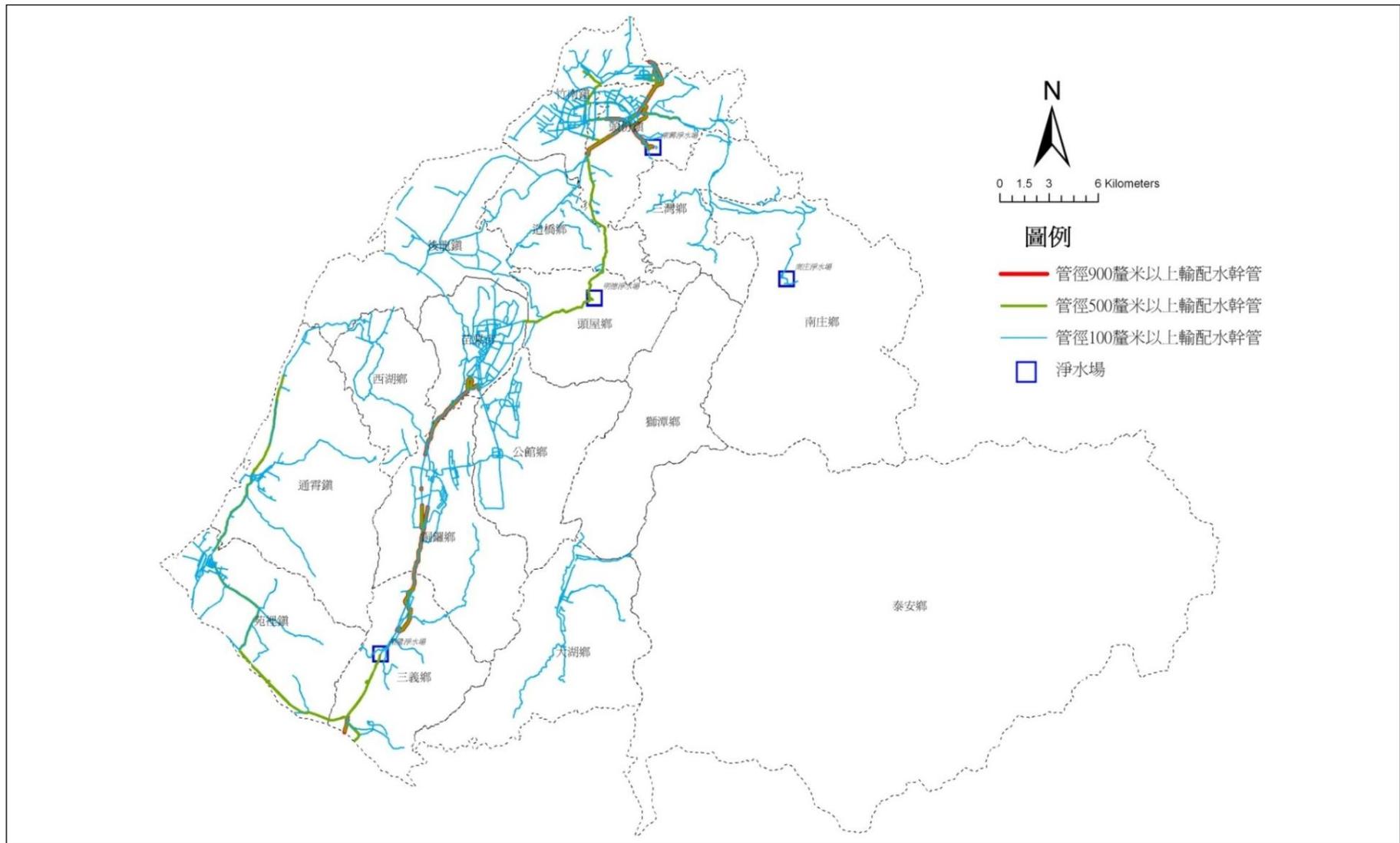


圖2-7 苗栗地區供水系統及管網圖

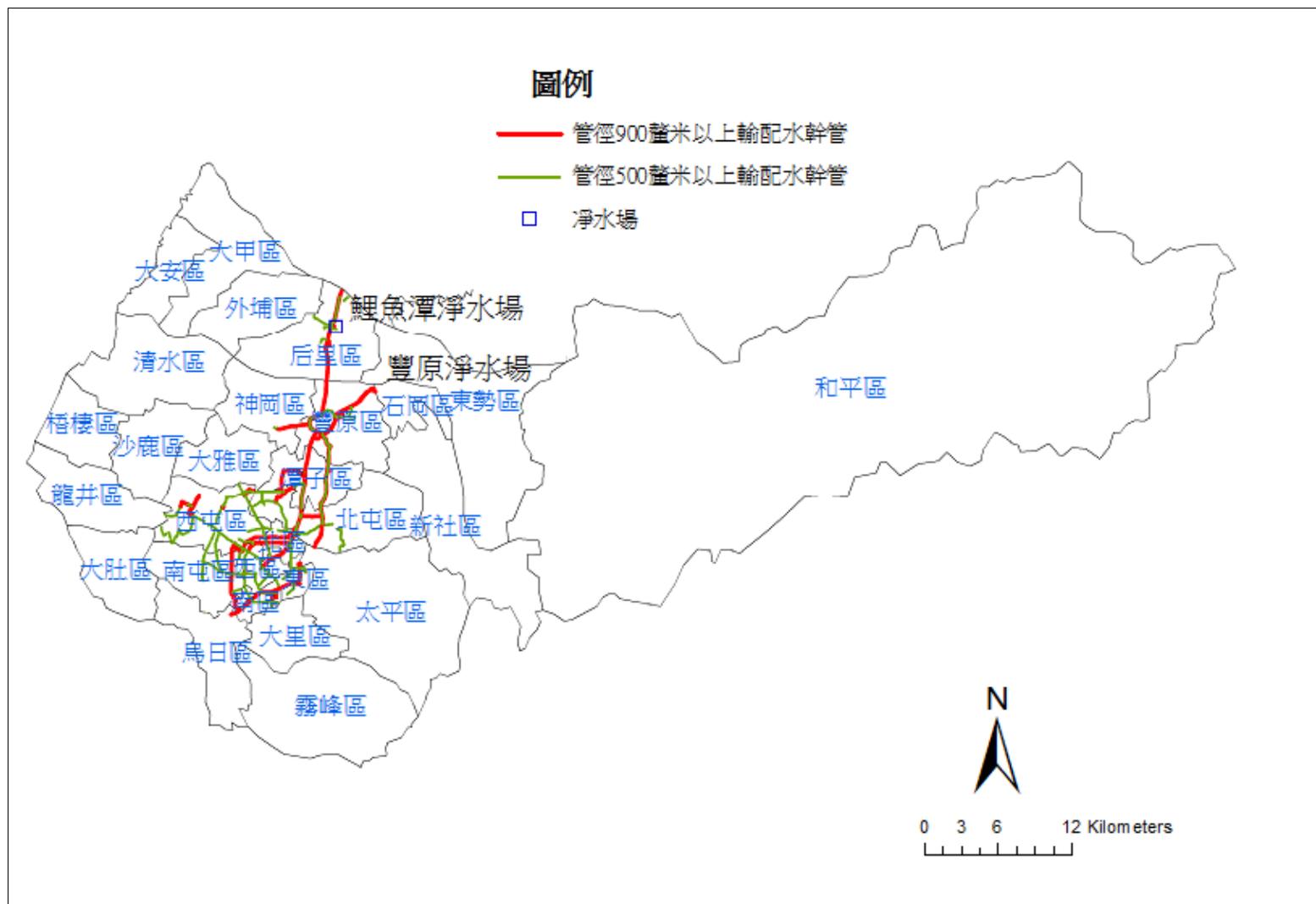


圖2-8 台中地區供水系統及管網圖

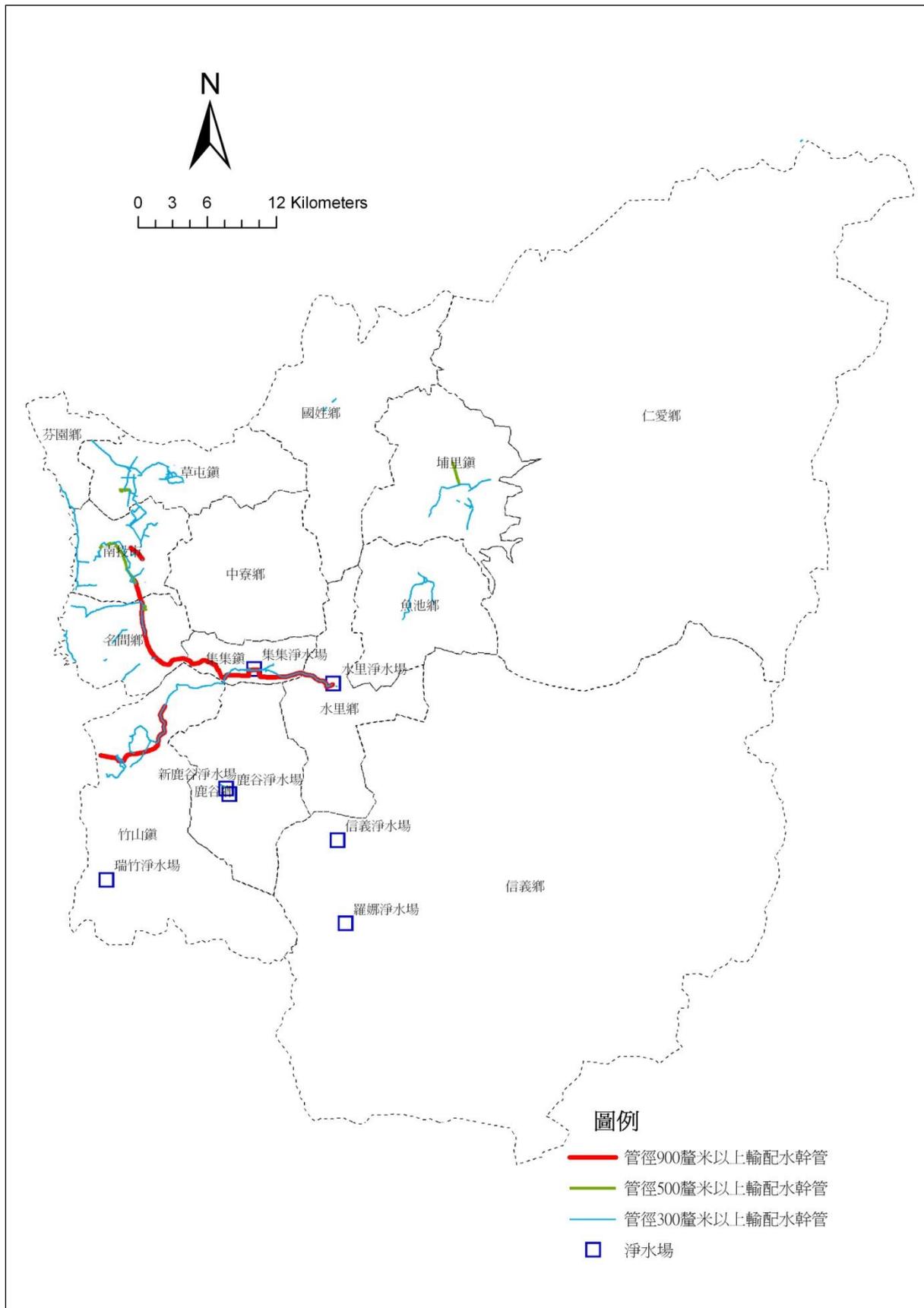


圖2-9 南投地區供水系統及管網圖

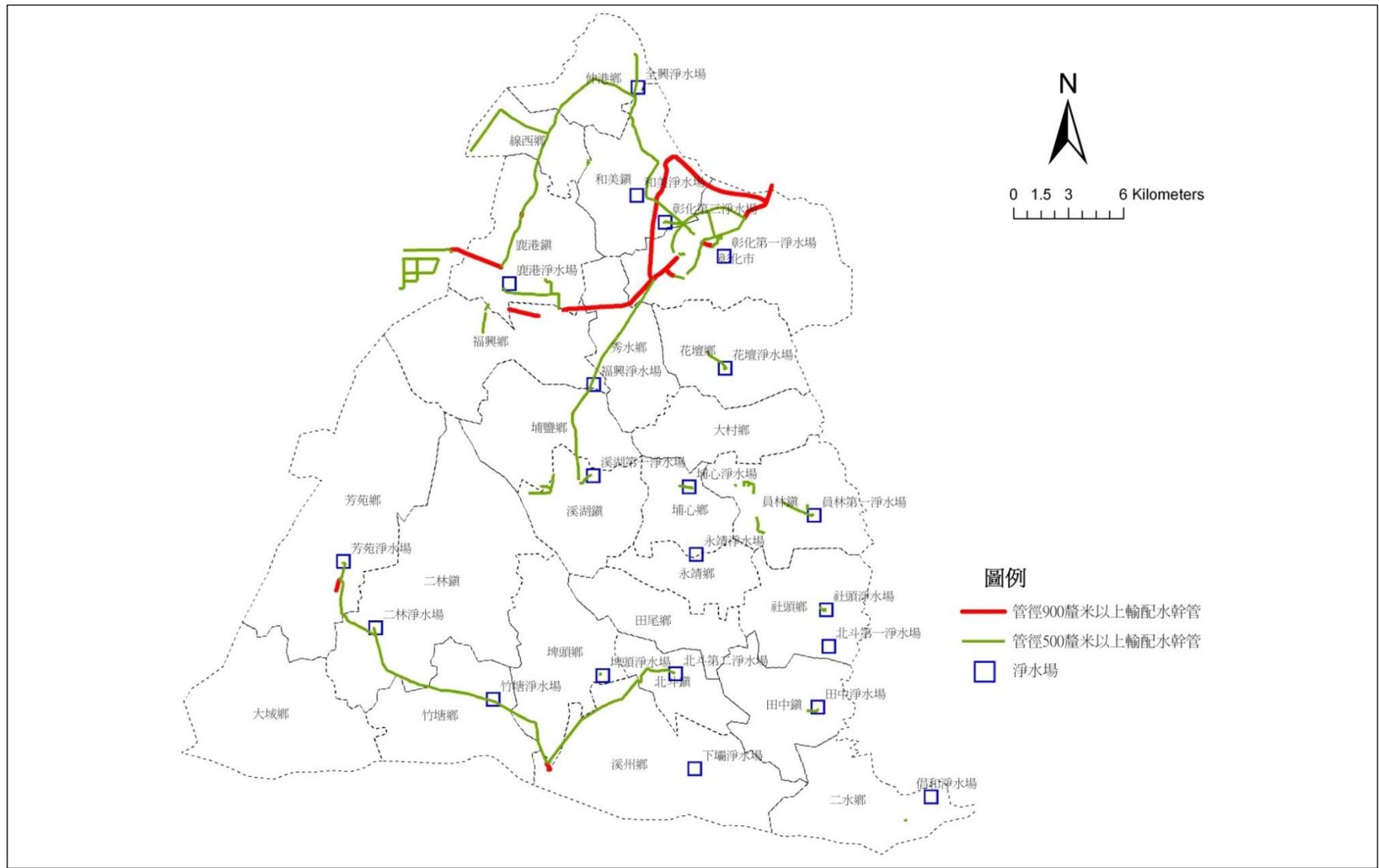


圖2-10 彰化地區供水系統及管網圖

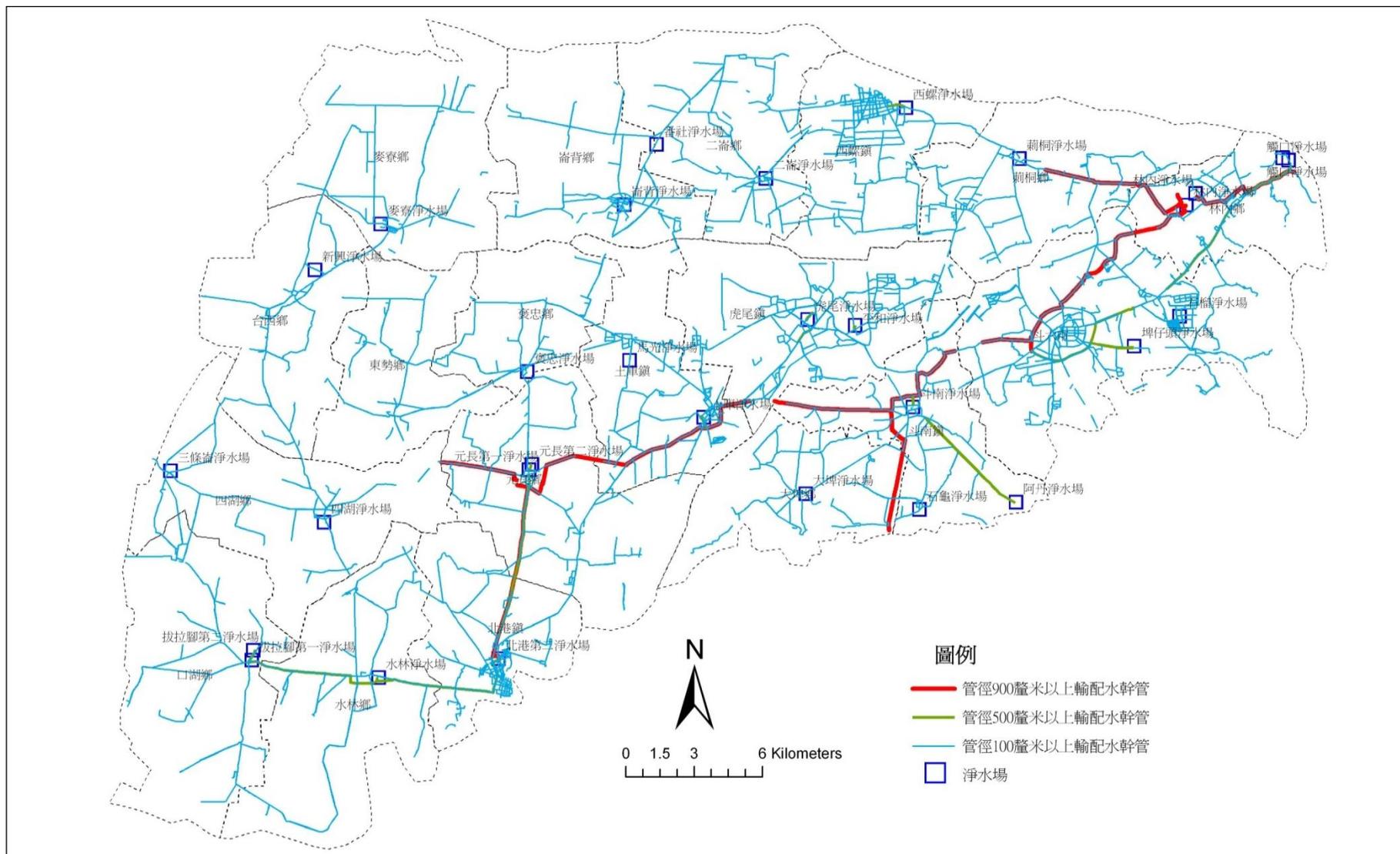


圖2-11 雲林地區供水系統及管網圖

## (五) 需求量資料

蒐集中部區域各標的歷年用水量，以做為目標年水資源需求情境分析之參考，以下針對蒐集資料進行說明：

### 1、生活用水

本計畫蒐集經濟部水利署各項用水統計資料庫並統計中部區域民國91~99年生活用水資料，如表2-7所示。表中所提之苗栗地區不包含卓蘭鎮；台中地區包含台中市及苗栗縣卓蘭鎮；南投地區為南投縣及彰化縣芬園鄉；彰化地區為彰化縣(芬園鄉除外)；雲林地區代表雲林縣。

### 2、工業用水

本計畫蒐集自自來水年報並統計中部區域民國91~99年工業用水資料，如表2-18所示。表中所提之苗栗地區不包含卓蘭鎮；台中地區包含台中市及苗栗縣卓蘭鎮；南投地區包含南投縣及彰化縣芬園鄉；彰化地區為彰化縣(芬園鄉除外)；雲林地區代表雲林縣。

### 3、農業用水

本計畫參考前期報告資料將流域內各灌圳合併成模式所需灌區，灌區內所含灌圳詳列如表2-19，各灌區歷年農業用水量採農委會提供之計畫用水量，先作單位換算將旬用水量改為月平均用水量，再將各年各月用水量扣除離散值後，取平均值作為中部區域各灌區歷年農業用水量，分析結果整理如表2-20所示。

表 2-17 中部區域歷年生活用水量

單位：千立方公尺/年

民國	地區別	苗栗地區	台中地區	南投地區	彰化地區	雲林地區
91	自來水	52,268	396,249	55,610	125,203	87,315
	自行取水	15,965	32,608	11,801	12,183	4,018
	總和	68,233	428,857	67,411	137,386	91,333
92	自來水	50,923	423,498	58,140	125,654	88,924
	自行取水	14,546	31,386	9,394	11,770	5,290
	總和	65,469	454,884	67,534	137,424	94,214
93	自來水	52,906	451,378	61,646	124,419	89,309
	自行取水	14,381	31,183	9,569	11,046	4,938
	總和	67,287	482,561	71,215	135,465	94,247
94	自來水	55,304	450,096	61,212	124,630	90,696
	自行取水	14,117	29,431	9,443	10,499	5,316
	總和	69,422	479,528	70,654	135,129	96,012
95	自來水	57,372	421,432	56,102	124,161	94,925
	自行取水	14,359	25,868	8,330	10,002	5,881
	總和	71,731	447,300	64,432	134,163	100,806
96	自來水	56,738	419,512	55,546	126,351	93,784
	自行取水	13,695	24,893	8,141	9,712	5,995
	總和	70,433	444,405	63,687	136,063	99,779
97	自來水	55,578	410,166	52,858	125,108	90,909
	自行取水	12,042	21,663	7,573	8,421	4,734
	總和	67,620	431,828	60,431	133,529	95,643
98	自來水	54,339	402,174	51,996	125,562	90,636
	自行取水	12,961	22,900	11,092	10,496	5,661
	總和	67,300	425,075	63,088	136,058	96,297
99	自來水	54,744	398,951	48,862	126,211	89,880
	自行取水	12,750	21,495	10,533	10,543	5,551
	總和	67,494	420,446	59,394	136,754	95,432

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫 (<http://wuss.wra.gov.tw/livewater.aspx>)。)

表 2-18 中部區域歷年工業用水量

單位：百萬立方公尺/年

民國	地區別	苗栗地區	台中地區	南投地區	彰化地區	雲林地區
91	自來水	18.007	13.76	3.662	6.157	1.207
	自行取水	54.063	121.41	26.378	101.443	165.403
	總和	72.07	135.17	30.04	107.6	166.61
92	自來水	19.929	17.499	4.657	6.262	1.398
	自行取水	38.171	106.141	8.453	101.928	204.702
	總和	58.1	123.64	13.11	108.19	206.1
93	自來水	21.414	21.244	5.653	6.579	1.649
	自行取水	37.466	106.536	9.246	103.601	213.671
	總和	58.88	127.78	14.9	110.18	215.32
94	自來水	22.851	23.281	6.196	6.701	1.967
	自行取水	36.279	88.479	7.114	103.32	207.773
	總和	59.13	111.76	13.31	110.02	209.74
95	自來水	25.399	31.586	8.406	6.915	2.189
	自行取水	36.351	94.034	10.944	103.785	211.241
	總和	61.75	125.62	19.35	110.7	213.43
96	自來水	26.064	33.875	9.015	7.32	2.294
	自行取水	34.736	83.605	7.295	103.91	211.636
	總和	60.8	117.48	16.31	111.23	213.93
97	自來水	25.926	44.838	11.933	7.382	2.392
	自行取水	34.064	76.492	5.217	104.048	213.898
	總和	59.99	121.33	17.15	111.43	216.29
98	自來水	22.739	42.608	11.339	5.695	2.089
	自行取水	42.871	85.022	12.591	95.814	212.51
	總和	65.61	127.63	23.93	101.51	214.6
99	自來水	25.588	64.231	17.094	5.764	2.157
	自行取水	41.922	65.949	6.696	100.076	215.333
	總和	67.51	130.18	23.79	105.84	217.49

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫網頁，  
(<http://wuss.wra.gov.tw/livewater.aspx>)。)

表 2-19 中部區域灌區-灌圳對應表

流域	模式 灌區名稱	灌圳名稱	流域	模式 灌區名稱	灌圳名稱	
中港溪	中港溪 上游灌區	南龍圳	大甲溪	石岡壩 下游灌區	八寶圳中、下游	
		大南埔圳			葫蘆墩圳	
		員林圳			埤頭山圳	
	中港溪 下游灌區	三灣圳			內埔圳	
		內灣圳			虎眼一圳	
		牛欄肚圳			虎眼二圳	
		東興圳			五福圳	
		尖山圳			高美圳	
		隆恩圳			彰化灌區	集集大圳
		番仔圳				同源圳
		中港圳				八堡一圳
		流水潭圳				八堡二圳
	峨眉溪灌區	峨眉圳			荊仔埤圳-幹線	
		大埔圳			荊仔埤圳-永基二圳	
後龍溪	老田寮灌區	明德幹渠	濁水溪	雲林灌區	荊仔埤圳-永基三圳	
		後龍圳			荊仔埤圳-深耕二圳	
	後龍溪 灌區總量	穿龍圳			荊仔埤圳-深耕三圳	
		龜山大波圳			隆恩圳	
		芒埔五張犁圳			斗六大圳	
	水尾子圳	嘉盛五張犁圳			林內圳	
		水尾子圳			濁幹線	
大安溪	鯉魚潭圳	鯉魚潭圳	烏溪	烏溪 上游灌區	鹿場課圳	
	三灌圳	苑裡圳			引西圳	
		九張犁圳			北投新圳	
	大安溪灌區	卓蘭圳			阿罩霧第一圳	
		石壁坑圳			阿罩霧第二圳	
		埔尾橫圳			阿罩霧第三圳	
		新店圳		阿罩霧第四圳		
	后里圳灌區	口潭圳		茄荖媽助圳		
		后里圳		大肚圳		
	大甲溪	石岡壩 上游灌區		白冷圳	烏溪 下游灌區	福馬圳
大茅埔圳						
老圳						
東勢本圳						

表 2-20 中部區域各灌區歷年農業用水量

單位：萬立方公尺/日

流域	模式灌區名稱	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
中港溪	中港溪上游灌區	0	0.6	7.4	5.9	6.1	4.8	4.8	8.3	6.6	5.6	1.3	0
	中港溪下游灌區	0	3.0	36.4	28.9	30.7	22.7	23.1	40.0	31.4	27.5	6.3	0
	峨眉溪灌區	0	0.3	23.1	18.0	19.2	15.6	15.0	25.6	20.0	17.3	4.2	0
後龍溪	老田寮灌區	0	1.7	43.2	34.3	35.9	28.3	28.4	48.6	37.7	32.2	7.5	0
	後龍溪灌區	0	4.4	52.6	42.3	44.1	33.5	34.2	60.4	47.1	40.4	9.4	0
	水尾子圳	0	0.6	6.9	5.5	5.8	4.6	4.5	7.8	6.1	5.2	1.2	0
大安溪	鯉魚潭圳	0.2	0.5	1.6	1.7	1.5	1.3	0.8	1.8	1.6	1.4	0.4	0.4
	三灌圳	22.3	41.4	103.4	104.1	96.1	76.4	60.1	119.9	104.5	98.1	32.8	29.3
	大安溪灌區	21.9	22.6	26.1	27.1	26.3	25.6	25.6	28.4	27.3	26.9	23.4	23.8
	后里圳灌區	18.7	19.3	57.9	68.7	62.2	55.3	54.0	76.5	67.3	62.7	21.2	19.6
大甲溪	石岡壩上游灌區	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6
	石岡壩下游灌區	85.0	119.4	291.5	286.6	265.7	218.3	198.0	310.0	275.2	248.4	85.1	83.0
濁水溪	彰化灌區	259.5	411.0	502.4	551.1	541.4	465.0	473.0	634.2	698.8	645.7	435.6	268.3
	雲林灌區	70.7	153.7	138.7	157.1	156.2	676.0	604.5	623.6	614.7	405.1	68.4	67.3
烏溪	烏溪上游灌區	6.2	93.1	111.0	94.3	93.2	53.9	65.6	111.5	94.1	89.9	37.0	1.2
	烏溪下游灌區	23.6	46.7	102.0	124.1	127.9	110.2	76.9	136.5	138.8	127.8	59.6	30.4

## 二、國內相關文獻蒐集與探討

經濟部水利署於民國96~97年提出「強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」計畫，建立評估氣候變遷對水資源供水系統衝擊之支援決策工具，以IPCC短期氣候變遷情境評估北部淡水河及中部大安溪、針對GFCM21、MPEH5、NCCCSM、INCM3、MRCGCM及NCDR等六個GCM模式之A1B、A2及B1情境進行分析，分析結果發現，大甲溪流域，豐水期雨量與流量有增加的趨勢，枯水期則有減少的趨勢。而在氣候變遷衝擊下，台北地區環境承载力皆為上升，桃園地區環境承载力降低的可能性比較高；基隆地區則是環境承载力變化有增有減，中部供水地區環境承载力雖有增有減，但以最嚴重的模式結果來看，即使人工湖和越域引水策略兩者並行，仍無法有效滿足目標年120年之需求量。

經濟部水利署續於民國99~100年提出「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計畫」，評估南部水資源分區脆弱度空間分佈，並提出強化南部地區因應氣候變遷管理調適能力之計畫。分析結果顯示，高雄地區之生活給水需求超過目前之供水能力，一旦乾旱發生將會是最脆弱的地區。南部水庫多數有淤積問題，已有7座水庫之有效容比低於60%。雖然水資源分區之可利用量有增加的趨勢。以量觀點來看，氣候變遷影響屬正面的，使得總水資源量增加，但仍應考慮豐枯差異的變化造成水資源調配的影響。前述兩篇文獻之分析結果可整理如表2-21及表2-22所示。

表 2-21 「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計畫」分析結果統整表

文獻名稱	GCM 模式	情境	流量		SI
			豐水期	枯水期	
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	NCDR 之 worse 情境 (註 2)	A1B	+	-	
		A2	+	-	
		B1	+	-	
	GFCM21	A1B			+
	MPEH5				+
	NCCCSM				+
	INCM3				+
	MRCGCM				+
	NCDR				+
	GFCM21	A2			+
	MPEH5				+
	NCCCSM				+
	INCM3				+
	MRCGCM				+
	NCDR				+
	GFCM21	B1			-
	MPEH5				-
	NCCCSM				-
	INCM3				+
	MRCGCM				+
	NCDR				+

註 1：+表示較現況水文條件下有增加的趨勢，-表示較現況水文條件下有減少的趨勢。

註 2：NCDR 之「worse case」情境係利用 24 個 GCM 經過統計降尺度後，計算 24 個 GCM 結果之平均值與標準偏差，以枯水期之平均值減去一個標準偏差，豐水期之平均值加上一個標準偏差代表。

表 2-22 「強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」  
分析結果統整表

文獻名稱	GCM 模式	情境	流量	
			大安溪	大甲溪
強化區域 水資源永 續利用與 因應氣候 變遷之調 適能力 (2/2)	CGCM2	A1B	+	-
		A2	不變	-
		B1	-	-
	ECHAM5	A1B	-	-
		A2	-	-
		B1	+	-
	GFDL2.1	A1B	-	-
		A2	-	-
		B1	-	-
	HADCM3	A1B	+	-
		A2	+	-
		B1	-	-
	INM	A1B	-	-
		A2	+	-
		B1	+	+
NCDR	A1B	不變	-	
	A2	-	-	
	B1	-	-	

註：+表示較現況水文條件下有增加的趨勢，-表示較現況水文條件下有減少的趨勢

### 三、國外相關文獻蒐集與探討

本計畫針對氣候變遷對水資源衝擊評估、脆弱度與回復力及調適策略等相關文獻進行蒐集與探討。茲說明如下：

#### (一)氣候變遷對水資源衝擊評估

Sun等人(2008)發展新評估方法以評估美國東南部水資源分區水資源在未來受氣候變遷影響下是否能符合永續利用的目的，該評估方式運用CGCM1及HadCM2Soul全球環流模式、土地利用改變模式、人口成長模式估計未來2020年的需水量。在可取用水資源部分考慮包括降雨、蒸發散、地表水、地下水以及回歸水。以運用供水壓力指標(Water Supply Stress

Index, WaSSI)及供水壓力指標率(Water Supply Stress Index Ratio, WaSSIR)(即情境供水壓力指標與現況供水壓力指標之相對誤差)評估該區各個集水區缺水的狀況。

Feng and Huang (2008)及Feng等人(2008)利用缺水風險評估方式，同時考慮水資源系統內的人口、工業與農業、國民生產總值GDP、汙水量、污染河川長度、總需水量、環境保護、水土保持、供水容量以及水資源可供水量等發展，利用系統動力學Vensim軟體建立供水承载力評估模式。系統動力學模式裡共有5個次模式，分別是人口、農業、工業、環境保護以及水資源等模式，以永續性為目標，定訂出未來3種環境與經濟發展情境，探討未來20年的環境承载力變化。其缺水風險乃以年降雨量超越機率來表示，由模式計算出完全滿足系統需水量所需之年降雨量，再由年降雨量反推缺水風險，由此來計算系統環境承载力、缺水風險以及永續性。

Fan等人(2009)針對大慶地區水環境現狀建立合適的水環境評價指標體系，應用各評價指標承载力模型計算得出各評價指標承载力，再透過水環境承载力模型進行綜合計算，得出大慶地區水資源環境承载力。並分析大慶地區水資源環境承载力現況以及動態變化趨勢，找出影響水資源承载力最大主要因素。評價指標包括水資源利用率、每人平均可供水量、每人平均GDP、工業廢水處理率、工業廢水重複使用率、城鎮生活污水處理率和人民平均淨收入。而各評價指標之權重以AHP層級分析法計算，將大慶地區水資源環境承载力各評價指標值，配合各權重計算出水資源環境承载力值。

## (二)脆弱度與回復力

脆弱度之概念源於天然災害之研究，70年代起研究天然災害的學者主要探討脆弱度與環境變化連結，近年來則偏重於氣候變遷影響衝擊之探討。現今脆弱度這概念被運用於不同研究範疇中，包含社會、生態、自然環境等領域。就災害衝擊承受或抵抗的觀點而言，Burton et al. (1978)認為，脆弱度泛指易遭受自然災害破壞的分佈條件，以及災害可能帶來的損失等；Blaikie et al. (1994)定義脆弱度為「個人或群體預見、處理、抵禦災害和從災害中恢復的能力的特徵」；Cutter (1996)回顧西元1980到1995年間近一百篇關於脆弱度或災害的研究，歸納出三個脆弱度主要討論的面向：(1)脆弱度是一種災前既存的條件；(2)脆弱度是災害的調適與因應能力；(3)脆弱度是一個特定地點的災害程度。Sutherst et al. (2000)將脆弱度分為敏感度與適應能力(adaptive capacity)；Pelling (2003)指出天然災害的脆弱度是由三個部分組成：暴露(exposure)，抵抗力(resistance)和回復力(resilience)；而Intergovernmental Panel on Climate Change：IPCC (2001)第三次評估報告表示，脆弱度為「一個系統在面對氣候變化，包含氣候變異及極端氣候發生時，受影響或未能處理的程度」；Adger et al. (2004)將脆弱度分為二個屬性，物理脆弱度(biophysical vulnerability)及社會脆弱度(social vulnerability)，其中物理脆弱度為天候相關事件的發生與衝擊的可能性；社會脆弱度為人們有無能力處理壓力或改變的社會與經濟因素；Schneiderbauer and Ehrlich (2004)將脆弱度分為災前的敏感度(susceptibility)與災後的回復力(resilience)；Schmidt-Thome (2005)將各因子區分

為潛在損害 (damage potential) 及妥善處理能力 (coping capacity)。

回復力的概念則源自力學領域，Holling (1973)將之引入生態學的領域，並定義回復力為一個系統經過短暫的擾亂回到平衡狀態的能力。80年代起，此一概念逐漸廣泛地用於分析人類與環境的相互作用中。Timmerman(1981)將回復力與社會經濟層面連結，他定義回復力為外在壓力對人類社會基礎設施的打擊或擾動，如環境變化，社會、經濟或政治的改變，及其從中回復的能力。Pimm (1984)指出回復力是生態系統受擾動後，系統返回到其原始狀態的能力。Buckle et al. (2001)則將回復力定義為團體或組織抵抗損失、潛在損失或破壞發生後回復的能力。Pelling (2003)定義回復力乃行為者應對或適應災害壓力的能力。IPCC WG2 ( Intergovernmental Panel on Climate Change WorkingGroup II )定義回復力為社會或生態系統能夠吸收干擾的能力，同時能夠保留系統原本的基本結構 與運作方式，能有自我組織且適應壓力與變化的空間。

近年來有許多研究探討脆弱度與回復力間之關連性，雖各學者研究論點相當分歧，但大致可分為以下兩大類型討論。首先Folke et al. (2002)認為脆弱度與回復力為一體兩面，脆弱度是系統被破壞的可能性，其相反面即為系統抵禦之回復能力；其二為劉婧等人 (2006)以廣義與狹義之觀點說明回復力。廣義的回復力可分兩類：其一為系統抵抗致災因子的能力，屬於系統的靜態能力；另為災害回復的能力，為系統的動態能力。而狹義觀點，僅包含系統經歷災害後調整、適應、恢復與重建的能力；尚有部分研究認為：回復力屬於脆弱度

的一部分，如Gallopín (2006)即認為回復力屬於脆弱度的子集。

綜合前述文獻之論述，脆弱度與回復力囊括了許多不同的概念，許多概念上包括暴露(exposure)、適應(adaptation)、敏感性(sensitivity)等等，許多脆弱度與回復力的概念難以完全切割釐清，因而相對的脆弱度與回復力的評估因子與方法亦隨之不同；在評估的尺度上，亦有國家、都市、地區、鄉鎮與社區等不同的層級。綜合前述文獻定義，本計畫將脆弱度定義為用來描述系統一旦失敗(缺水)後可能遭受損害程度的大小，回復力定義為描述當系統處於失敗狀態(缺水)後多快能回復成功供水。並將運用脆弱度與回復力評估台灣中部區域水資源調配系統水源調配狀況。

### (三)因應氣候變遷之調適策略

本計畫針對我國及中國、美國、日本、英國及澳洲等地區因應氣候變遷之調適策略進行比較說明，首先針對各國與台灣自然環境差異進行比較(詳見

表2-23)。其中人口數以中國最多，澳洲最少；土地面積以美國最大，台灣最小；年平均降雨量以台灣最高，澳洲最低；每人每年分配可利用量以澳洲最高，英國最少。整體而言，日本的自然環境因素與與台灣最為相近。以下針對各國因應氣候變遷之調適策略說明如下。

**表 2-23 各國自然環境條件與我國之比較**

基本資料	中國	美國	日本	英國	澳洲	台灣
人口(萬人)	1,339,72	29,704	12,780	6,138.3	1,914	2,326
土地面積(萬平方公里)	960	982	37.79	24.5	769	3.6
年平均總降雨量(毫米)	681	700	1,700	1,200	500	2,150
每人每年分配可利用水量(噸/年)	4,880	10,270	3,360	2,460	24,710	3,327

## 1、台灣地區

台灣水資源業務推動主要以行政院核定之水資源政策綱領為最高指導原則，因此氣候變遷之調適策略應符合其政策主張與主軸，其歷次修訂歷程分別為「水利基本政策（75~89年）」、「現階段水資源政策綱領（85~99年）」及「新世紀水資源政策綱領（95~109年）」，新世紀水資源政策綱領分為前言、三項願景、六項政策主張、八項策略，各項策略分別有四至六項措施，共四十一項措施，其架構如

圖2-12所示，政策主軸在水資源開發及利用方面，增加強調水庫永續經營與多元化之水源經理措施；水資源保育方面，增加水源保育回饋費；防洪治水方面，開始強調防減災應變與非工程措施；此外，增加水環境營造與水利產業發展面向。

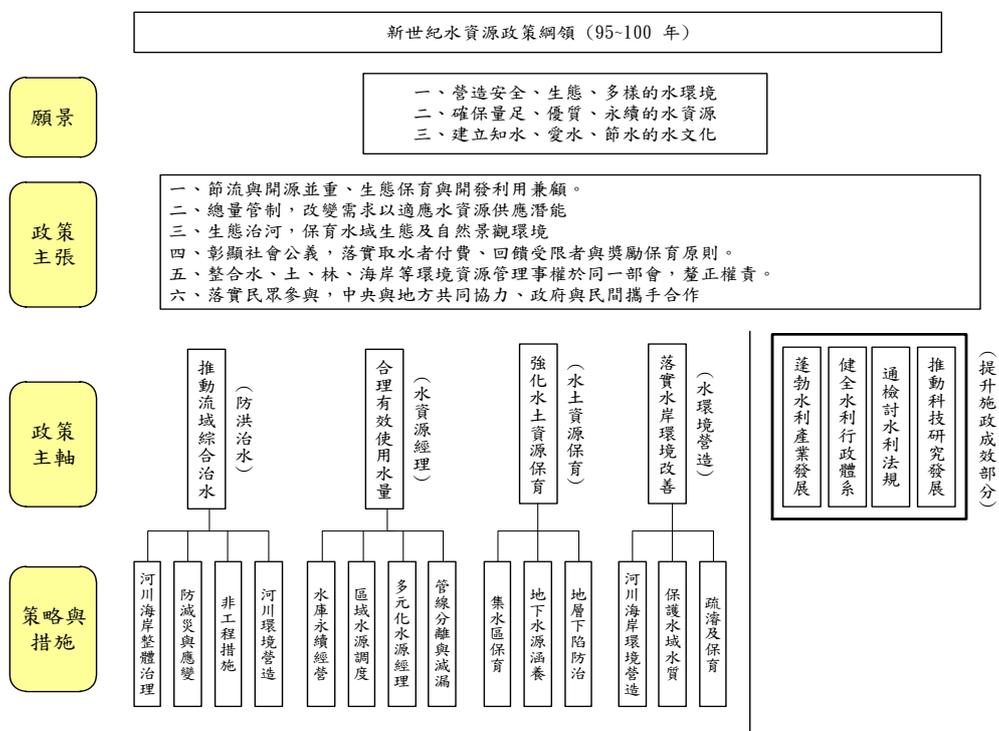


圖2-12 新世紀水資源政策綱領主軸與範疇架構圖

(資料來源：經濟部水利署，民國100年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

## 2、聯合國氣候變遷委員會技術報告

國際氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）與聯合國環境計畫署（United Nations Environment Programme, UNEP）於1988年成立聯合國政府間氣候變遷委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC），委員會主要工作是在全面、客觀、公開與透明的基礎之下，對世界各國專家學者或是研究機構所公佈有關全球氣候變遷的研究成果、觀測資料、科學和社會經濟訊息進行評估，並進一步發表各類報告以提供不同層級的決策者參考之用。IPCC之報告可分為評估報告（Assessment Report）、特別報告（Special Report）、方法報告（Methodology Report）和技術報告（Technical Paper）四種，其中：

- (1)評估報告（Assessment Report）：提供有關氣候變化、其成因、可能產生的影響及有關對策的全面的科學、技術和社會經濟資訊。
- (2)特別報告（Special Report）：提供對具體問題的評估。
- (3)方法報告（Methodology Report）：描述制定國家溫室氣體清單的方法與作法。
- (4)技術報告（Technical Paper）：以IPCC報告內容為基礎，提供對有關某個具體專題的科學或技術觀點，其中IPCC於2008年提出「氣候變化與水資源（Climate Change and Water）技術報告中，提及氣候變化對未來水文條件帶來的不確定性，造成預測趨勢之困難，在釐清水文實際變化規律以前，必須先採取適應對策，目前主要國家之適應對策彙整如表2-24所示。為確保在一般條件或乾旱情況之水

源穩定，可將調適措施區分為供給面與需求量措施，各措施整理示如表2-25。

表 2-24 各國之適應對策

國家/區域	適應對策
澳洲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水資源回收再利用</li> <li>2.海水淡化</li> <li>3.減少漏水、以管道取代明渠</li> <li>4.水源保育</li> <li>5.提高用水效率及水質</li> <li>6.乾旱應變</li> <li>7.水價調整</li> <li>8.雨水儲集系統安裝</li> </ol>
歐洲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.污水回收再利用</li> <li>2.海水淡化</li> <li>3.家庭、工業與農業之節水措施</li> <li>4.水資源綜合管理計畫</li> <li>5.擴大洪水平原地區、應急防洪水庫、洪水蓄水區、洪水預警系統</li> <li>6.利用河水沖刷作用形成的河中水庫</li> <li>7.水價調整</li> </ol>
拉丁美洲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.污水回收再利用</li> <li>2.擴大雨水集水區與貯水系統</li> <li>3.改善特別貧困地區供水系統</li> <li>4.水源保育</li> <li>5.工業節水措施</li> </ol>
北美洲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水源涵養</li> <li>2.節水措施</li> <li>3.投資新的供水與配水系統</li> <li>4.改革水災保險政策</li> <li>5.改善排水系統，以達到五年一遇的防洪標準</li> <li>6.促進滲透，並提高凹地與街道滯蓄洪能力</li> </ol>
亞洲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.污水回收再利用</li> <li>2.減少漏水</li> <li>3.利用市場機制減少用水浪費</li> <li>4.改善農業基礎設施，包括：牧場供水、灌溉系統及其效率、雨水利用與貯存、讓農民獲得及時的天氣預報（雨量與溫度）</li> </ol>
小島嶼	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.海水淡化</li> <li>2.增加雨水貯留能力</li> <li>3.增加水庫蓄水量</li> <li>4.地下水保育</li> <li>5.劃定地下水補注區</li> </ol>

(資料來源：IPCC Technical Paper VI，2008，Climate Change and Water。)

**表 2-25 穩定水源之供給面與需求量適應措施**

供給面	需求面
地下水開發 水庫壩堰新建 海水淡化 增加雨水貯留利用量 水資源調配	水資源回收再利用，以提高水資源利用率 改變種植作物、種植時間、灌溉方法、種植面積等， 以降低灌溉用水需水量 進口農產品（即虛擬水），以降低灌溉用水需水量 擴大水市場，將水分配予較高價值之用途 利用經濟手段包括計量、定價等，以鼓勵節約用水

(資料來源：IPCC Technical Paper VI，2008，Climate Change and Water。)

### 3、美國地區

美國人口約29,704.3萬人，土地面積約982萬平方公里，年平均總降雨量約700毫米，每人每年分配可利用水量約每年10,270噸，美國政府屬聯邦體制，大部分水資源管理工作如地下水與水權分配管理等均屬州政府主管。大體而言，美國水資源機關之分工依據下列三項原則：(1)聯邦政府主管全國水資源規劃與管理有關法規、制度之訂定，與全國水質污染防治工作之規劃、法規、財源、技術發展、執行及監督等事宜；(2)水資源發展計畫依權責分由聯邦、聯邦一州，州際、州及地方等政府機構辦理，從事不同層次水資源計畫之規劃、協調及執行等事宜；(3)私人用水之分配管理、水權許可及地下水管理等工作則由州政府主管。目前美國因應異常氣候水資源主要策略與措施示如表2-26。

表 2-26 美國因應異常氣候水資源策略與措施(1/2)

策略	措施
促進節約能源	提高供水與廢水事業之能源利用效率
提升水資源利用效率	實施 WaterSense 計畫，推展節水產品標籤
	開發水資源管理工具
	污水回收再利用
捕獲與封存二氧化碳	完成 CO <sub>2</sub> 地質封存條例，以防止危害飲用水地下水源
	評估海底封存二氧化碳
流域	促進綠建築多重效益（如節水、節能）
	擴大水資源調查，以評估有關參數
	製作流域氣候評估工具的訓練教材，以協助環保署和其他政府工作人員使用
	推展美國國家河口計畫(National Estuary Program, NEP)焦點不只是改善河口的水質，而是將整個河口—包括化學、物理、生物特性及經濟、娛樂和美學價值作為一個完整的系統來考慮，以保持它的整體價值
	持續保護珊瑚礁
	開發工具納入水量分析（因氣候變遷影響所產生之最大日負荷總量）
	評估海洋酸化
	審查/修訂對於營養物和底泥的非點源污染管理辦法
污染物排放清除系統 (National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)	促進綠色基礎設施的多重效益(如雨水管理、節水、節能)。
	增加審查許可證工具之靈活性
溼地保護	評估改進淨水法規 404，以因應氣候變遷。依據淨水法規 404 節（Section 404 of the Clean Water Act of 1972），由美國工兵署核發許可證，嚴格管制使用濕地的開發行為
土地開發利用管理	土地使用分區管制，包含規範建物的使用、基地面積、量體、高度、人口密度、建築類型及護岸結構。實施方式乃是將所有土地分成不同分區(住宅、工業、商業區等)，在每一使用分區下有不同的規範管制土地及建築如何開發及使用。
	重建限制
	保育地役權
	最大限度節約土地使用，保留未開發土地的自然狀態，更多開放空間、更少不透水地面，以減少洪災的發生。

表 2-26 美國因應異常氣候水資源策略與措施(2/2)

策略	措施
減少災害損失	收購和拆遷
	保護建築物
	建築規範(經由法律的規定限制氣候變遷風險區域內的建築物大小及密度，並具體說明沿海所能建構的建築物形式，而建築的分佈範圍則是隨著海岸線的推進而後退)
	建築物更新改善(如加強屋頂、窗戶玻璃安裝百頁窗、拆除不透水地面等)
	保護基礎設施(更新改善現有基礎設施，並針對未來的情況與需要，做必要的調整)
	強化護岸結構(如海堤、護岸、防波堤、碼頭等)
海岸線管理	使用法規來限制護岸建設
	地役權轉移(地役權可由捐贈、購買等方式進行轉移)
	海岸生態工程(確保海岸原有自然形態與附近生態系統、景觀等各種因素之永續發展)
	養灘
	沙丘管理(利用法規設立土地使用分區管制、緩衝區等，限制開發、採砂、車流量等)
	土砂管理(包括疏濬及配售、建設護岸結構，應側重於使用在養灘、棲地恢復、公共服務設施、護岸結構)
海岸與海洋生態系統管理	生態緩衝區(旨在減少土地利用影響，為自然資源提供資源與人類活動間的過渡區，並提供包括可過濾地表逕流、改善水質、提供動物棲息場所等作用)
	休憩用地的保存和保護(可透過如土地使用分區管制、重建限制、收購、地役權和緩衝區等措施執行)
	生態系統保護和維護(限制活動、減少土地污染、減少土地使用率、檢測與因應外來入侵動植物、推廣宣傳、設立緩衝區)
	促進濕地遷移(禁止和消除護岸結構、設立生態緩衝區、地役權移轉、緊湊型社區規劃)
	海洋酸化管理(由於海洋吸收、釋放大氣中過量二氧化碳(CO <sub>2</sub> )，使海水正在逐漸變酸，減緩措施除減少溫室氣體排放量外，尚包含保護/恢復自然景觀、減少污染等)
	復育、創造和改善生態系統
	外來入侵動植物管理
水資源管理與保護	雨水管理(法規修訂、限制不透水地面、改善排水溝、安裝較大的暗渠等)
	綠色基礎設施(如多孔路面、雨花園、屋頂綠化等)
	供水管理(如乾旱用水計畫、法規、建築規範、水價、重新分配水資源、水市場、改造現有基礎設施等)

(資料來源：National Oceanic and Atmospheric Administration, 2010, adapting to climate change : a planning guide for state coastal managers。)

#### 4、日本地區

日本人口約1億2,780萬人，土地面積約37.79萬平方公里，年平均總降雨量約1,700毫米，每人每年分配可利用水量約每年3,360噸。日本水資源政策主管機關及其主管法令如表2-27所示。並於1997年成立「地球溫暖化對策推進本部」，其因應異常氣候水資源對策分為三大方向：

- (1) 綜合治水對策：日本國土交通省2010年10月發布最新之因應異常氣候之綜合治水對策指導手冊，將適應對策區分如表2-28所示。
- (2) 水資源經理：日本國土交通省水資源局2009年3月召開第5次因應異常氣候之綜合水資源管理對策研究會，將適應對策區分如表2-29所示。
- (3) 土砂管理對策：日本綜合土砂管理強調「流砂系一貫」，也就是以流域為整體，管理山地、水庫、河川及海岸等四大單元的土砂，最終以海岸平衡為土砂控制基準點，其主要對策如表2-30所示。

表 2-27 日本水資源管理行政機關

項目		主管機關	法令	備註
水文基本資料調查		國土交通省	水資源開發促進法	—
水資源開發基本計畫研擬		國土交通省	水資源開發促進法	會同經濟產業省、厚生勞動省、農林水產省研擬。
河川管理	一級河川	國土交通省	河川法	—
	二級河川	都府道縣		—
	普通河川、準用河川	市村町		—
水利權管理	一級河川	國土交通省		各標的水利權申請需與用水管理之主管機關共同協商
	二級河川	都府道縣		水利權申請需與國土交通省及受影響之道府縣和市村町機關共同研商
	普通河川、準用河川	市村町		—
用水管理	民生用水	厚生勞動省	水道法、水道原水法	—
	工業用水、水力用水	經濟產業省	工業用水法、工業用水水道事業法	—
	農業用水	農林水產省	土地改良法、森林法	—

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

表 2-28 日本國家水資源政策綱領策略與措施架構表(綜合治水)

主軸	策略	措施
減低淹水(水災)風險	改善河道內水流	1.河道拓寬
		2.河川疏濬
		3.建造連續堤(含土地取得、橋樑改建)
		4.建造分洪道、疏洪道(含土地取得、居民及利害關係人之參與)
		5.於支流匯流位置設置水閘門
		6.內水排出對策(排水系統、抽水機)
	洪水出流管制	1.防洪功能之水庫(含淹沒區居民補償)
		2.洪水平原(含淹沒區居民補償)
		3.既有設施有效活用 (1)透過提升短期降雨預測能力,提升洪水調節能力 (2)水庫加高 (3)改造放流設備 (4)購買利水容量(消耗性用水水權)
		4-1.雨水貯留設施(貯留管、建物就地貯留、建築物間筏式基礎、運動場或其他開放空間允許暫時貯留雨水) 4-2.雨水滲透設施(滲透坑、滲透井、透水性鋪面)
控制洪水	興建新式堤防	1.興建新式堤防(secondary levees) 2.興建新式開口堤(open levees) 3.興建新式環狀堤(ring levees)
	河堤造林	沿河堤造林,以減緩洪水流速、防止破堤
	改建老舊設施	提升老舊設施之安全性
降低洪氾區災害發生		1.強化土地利用管制法制面規範
		2.依據可能淹水深度架高建築物
		3.醫院等重要設施之電力、機械設備改建於高處
疏散、預警	疏散機制	1.警戒值訂定 2.避難疏散宣導、演練、資訊公開 3.避難疏散勸導、路線及場所規劃
	預警報系統	潰堤、淹水預警報
緊急應變	防汛整備	1.確保防汛團隊人力 2.發展有效率及有效用的防汛新技術 3.發展潰堤時圍堰工法 4.有效利用既有抽水機、水閘門等,降低淹水範圍與時間
	緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)	災害調查、防止二次災害、協助/指導地方政府進行復建
復建		1.替代性防災設備
		2.災害時之交通網絡
		3.確保防災業務計畫可執行
		4.災害時各單位業務連結
		5.廢棄物暫時處置及後續處理

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

表 2-29 日本國家水資源政策綱領策略與措施架構表（水資源經理）

主軸	策略	措施
建構節水型社會，確保水資源穩定供應	需求面-節約用水	提升國民節水意識（含開發節水型機器）
	需求面-合理用水	1.減漏（防止輸配水設施漏水、老舊設施更新改善） 2.提升用水回收率（農業用水、工業用水回收率提升）
	需求面-再生水	1.促進雜用水利用 2.雨水貯留設施
	供給面-既有設施有效活用(平時)	1.水庫濬渫 2.水庫壩堰更新改善 3.水庫加高 4.水庫壩堰聯合運用
	供給面-既有設施有效活用(乾旱)	1.標的用水間調配 2.跨流域調配 3.嚴重乾旱時緊急利用呆水位容量
	供給面-水資源合理分配	1.水資源開發總量管制 2.未有效利用水之合理轉用（水權及其水利設施同時讓售） 3.乾旱緊急調水時，落實受益者付費、受限者得償（含可水調整協議會）
水質水量綜合管理	水質改善對策	1.水質監測資訊分享、分析 2.水質管制標準設定 3.改善水質（下水道整建、事業排水管制、農地合理施肥、森林管理、水質淨化） 4.降雨初期濁度削減對策 5.底泥浚渫
	確保供水水質	1.高級淨水處理設施 2.取排水系統重新檢討
緊急應變		1.提升設施耐震度 2.備援水源 3.緊急供水機制（海上運水設施、運水袋、移動式海淡設施、支援機具整備） 4.緊急增加貯蓄設施（公共設施地下室暫時貯留、工廠或家庭現地貯留）
地面水地下水整體管理		1.地下水收支平衡下，合理利用 2.緊急災害時之備援水源 3.地下水取水紀錄 4.健全水循環計畫 5.水環境保育

（資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。）

表 2-30 日本國家水資源政策綱領策略與措施架構表（綜合土砂管理）

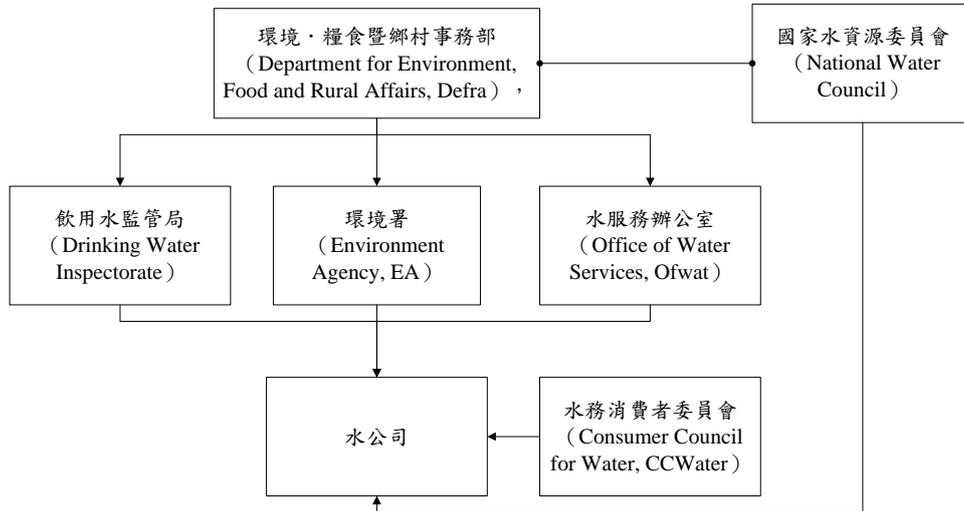
單元	策略	措施
山地	土砂生產抑制	坡地裸露地的土砂生產抑制：山腹工(基礎工、植栽工)、植林
河川		河道/溪流的河岸、河川侵蝕抑制：固床工、防砂壩(不透過型)、帶工
河川	土砂/漂流木流出抑制	河道/溪流的土砂流出抑制(捕捉)、調節：防砂壩(透過型/不透過型)、固床工、囚砂區
河川	土砂流出調節	河道/溪流的土砂流出調節(抑制流出)：防砂壩(透過型/不透過型)、固床工、囚砂區
河川	不安定土砂的去除	防砂設施堆沙的去除
水庫	促進土砂通過	繞庫排砂 (Bypass)
		水力排砂 (Flushing)
		下游河川土砂還原 (水庫濬渫後，將土砂歸於下游河道)
綜合	非工程措施	1.加強土砂災害警戒與避難 (預警類型及時間、避難手冊)
		2.加強土地利用管制，依據砂防法於警戒區進行土地利用限制
綜合	大規模土砂災害應變	1.堰塞湖對策
		2.嚴重山崩危險區對策

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

## 5、英國地區

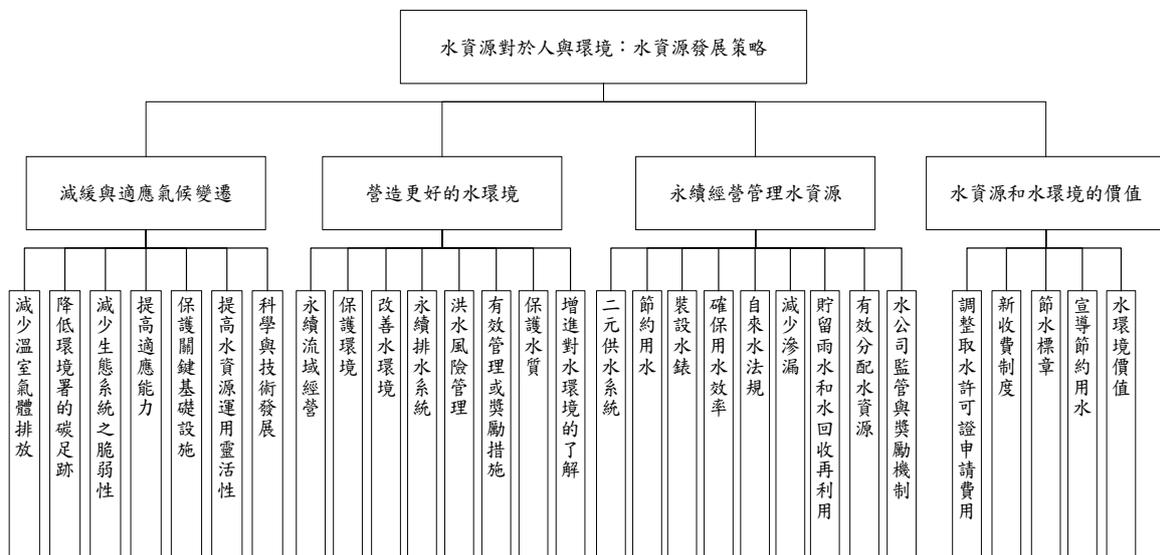
英國人口約6,138.3萬人，土地面積約24.5萬平方公里，年平均總降雨量約1,200毫米，每人每年分配可利用水量約每年2,460噸，英國水資源管理架構由政府部門、監管機構和水公司組成（如圖2-13），由環境、糧食暨鄉村事務部（Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra）統一管理環境、農村事務和食品生產，負責農村及環境等政策制定。根據英國環境署在2009年提出「水資源對於人與環境：水資源發展策略（Water for People and the Environment: Developing our Water Resources Strategy）」，

內容包含四大策略二十九項措施，其架構示如圖2-14。在前述政策綱領下，實施計畫分環境恢復、自來水公司、區域水資源及流域管理四大主軸，其架構示如圖2-15。



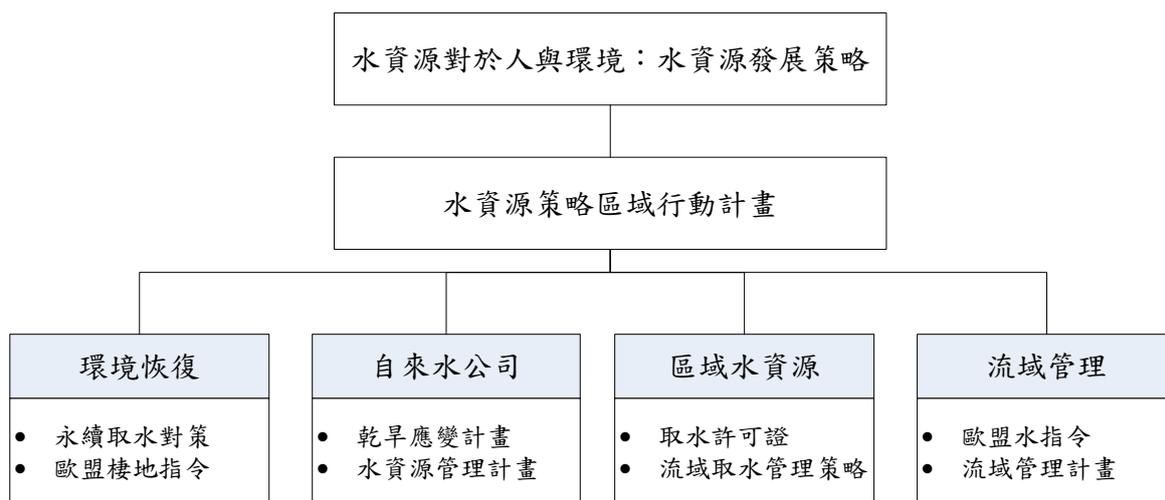
**圖2-13 英國水資源管理行政機關組織體系**

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)



**圖2-14 英國國家水資源政策綱領策略與措施架構圖**

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

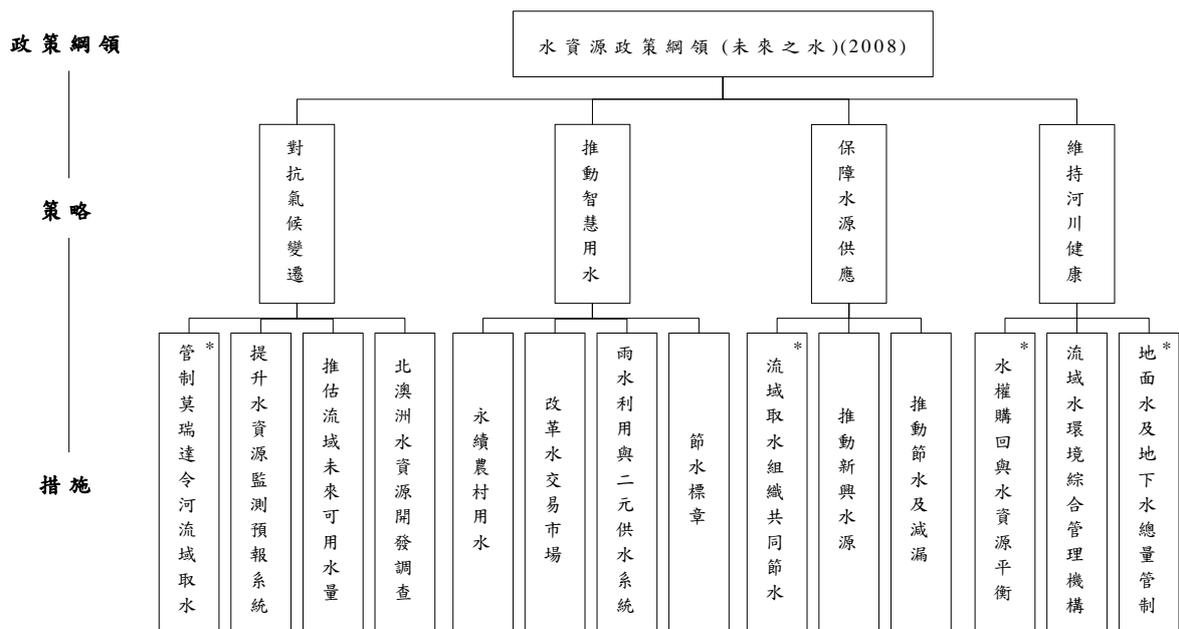


**圖2-15 英國國家水資源政策綱領下之實施計畫架構**

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

## 6、澳洲地區

澳洲人口約1,914萬人，土地面積越769萬平方公里，年平均總降雨量約500毫米，每人每年分配可利用水量約每年24,710噸，澳洲水利主管部門為環境部，氣候變遷政策則由氣候變遷與能源效率部主管。澳洲整體水資源管理主要依據「國家水資源政策綱領（National Water Initiative, NWI）」，以此綱領為基礎，根據2007年「國家適應氣候變遷政策綱領」及水法2007（Water Act 2007），於2008年4月29日修正調整提出「未來水資源（Water for The Future）」，包含四大策略十四項措施，示如圖2-16。在前述政策綱領下，實施計畫分為農村之水、環境之水、城市之水、品質之水及科技之水五大主軸，計畫示如表2-31，其與政策綱領間之關係示如圖2-17。



\* 針對墨瑞達令河流域實施

圖2-16 澳洲國家水資源政策綱領策略與措施架構圖

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

表 2-31 澳洲國家水資源政策綱領下之實施計畫彙整表 (1/2)

政策主軸	計畫名稱	
農村用水 (Rural water)	法規與制度改革	成立墨瑞達令河流域管理局
		研修水交易及水價制度
		研修水法及其相關規範
	農業用水及其設施永續利用計畫	灌溉設施更新改善計畫
		提升田間灌溉用水效率計畫
		提升田間灌溉用水效率示範計畫
		新南威爾斯州灌溉設施更新改善計畫
		南澳灌溉設施更新改善計畫
		麥寧迪湖地下水補注計畫
		農村量水設備設置計畫
南澳抽水設施更新計畫		
水權購回計畫		
環境用水 (Water in our environment)	成立水環境管理機構	
	濕地復育計畫	
	河川生態計畫	
	墨瑞達令河流域生態計畫	
	澳洲大自然盆地永續計畫	
	艾爾湖流域復育計畫	

表 2-31 澳洲國家水資源政策綱領下之實施計畫彙整表 (2/2)

政策主軸	計畫名稱
城市用水 (Water in cities and towns)	改革城市水資源利用
	成立城市用水利害關係人組織
	城市新興水源計畫
	城市穩定供水計畫
	提升工商業用水效率計畫
	莫瑞達令河流域用水組織節水計畫
	雨水利用及二元供水系統
	智慧用水計畫
	綠社區補助計畫
	節水標準及標章
用水品質 (Water quality)	全國水質管理策略
	水質改善計畫
	塔斯馬尼亞河集水區水質改善計畫
科技用水 (Water information)	提升水資源科技研發能量計畫
	水資源利用評估計畫
	北澳洲水資源開發調查
	建構全國水交易系統

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

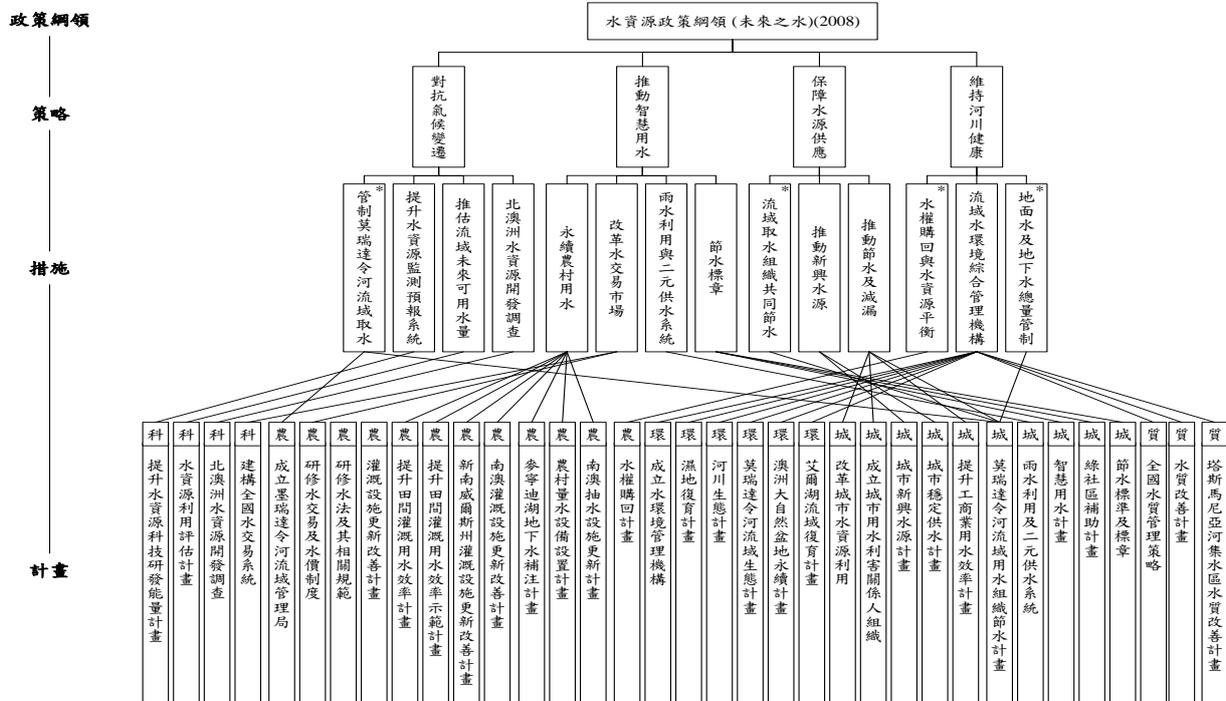


圖 2-17 澳洲水資源政策綱領與實施計畫關係圖

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究。)

## 7、中國地區

中國對水資源開發和保護領域適應氣候變遷之調適策略研究主要著重於四個部分，一是建立現代化的水利管理體系，強化水資源的統一管理和保護；二是建立節水型農業和工業，大力推廣節水灌溉；三是增強水庫和河道堤防防洪能力；最後一個是加強生態環境保護和建設，恢復林草植被，治理水土流失，在氣候變遷之影響下，針對適應和減緩氣候變遷對水資源影響的策略措施可分為五個面向，而各面向具體之行動計畫列如表2-32。

## 8、小結

本計畫統整上述文獻對於氣候變遷現象之調適策略，依政策面、工程面、管理面三種面向進行分類，其中政策面調適策略包含節約用水(如節水宣導、收費制度調整、節水標章)、合理用水、促進綠建築或綠色基礎設施多重效益及審查修訂法令(如節水標準訂定、水權分配制度、水權轉讓制度)；工程面調適策略包含自來水減漏、多元化水源開發(如水庫、海淡、雨水儲集及水再生利用)、緊急應變措施(如備援水源、緊急供水機制等)及水質改善(如降雨初期濁度削減、底泥浚淤、高級淨水處理設施、保護水域水質)；管理面調適策略包含區域水源調度、乾旱既有設施有效活用(如標的用水調配、乾旱用水計畫、水交易市場)、生態系統管理(如濕地管理、生態緩衝區設置、海洋酸化管理)，土地開發利用管理及水土資源保育(如土砂管理、集水區保育及地下水涵養)，各國採用之調適策略對應詳如表2-33所示。目前台灣水資源調適策略多著重工程面對於對於生態系統管理(如濕地管理、生態緩衝區設置、

海洋酸化管理)、促進綠建築或綠色基礎設施多重效益及土地開發利用管理(如土地使用分區管制)等政策面或管理策略涉略較少，此統整表可做為本計畫研擬中部區域水資源調適方案之參考。

**表 2-32 中國強化水資源管理具體行動計畫**

面向	行動計畫
強化水資源管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 積極退田還湖(河)、平垸行洪、疏浚河湖。</li> <li>● 以流域為單元實行水資源統一管理，統一規劃，統一調度。</li> <li>● 注重水資源的節約、保護和最佳化配置，從傳統的“以需定供”轉為“以供定需”。</li> <li>● 建立國家初始水權分配制度和水權轉讓制度。</li> <li>● 建立與市場經濟體制相適應的水利工程投融資體制和水利工程管理體制。</li> </ul>
加強水利基礎設施的規劃和建設	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建設南水北調工程，將三條調水路線連通長江、黃河、淮河和海河四大江河，逐步形成“四橫三縱、南北調配、東西互濟”的水資源最佳配置格局。</li> <li>● 加強水資源控制工程(水庫等)建設、灌區建設與改造，繼續實施並建設區域性調水和蓄水工程。</li> </ul>
在保護生態基礎上有序開發水電	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 把發展水電作為促進中國能源結構朝向清潔低碳化方向發展的重要措施。</li> <li>● 加快西部水電建設，因地制宜開發小水電資源。</li> </ul>
強化應對海平面上升的調適策略	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建立河口海岸地區颱風和風暴潮災害的監測。</li> <li>● 加高加固海堤工程，強化沿海地區應對海平面上升的防護對策。</li> <li>● 控制沿海地區地下水超抽和地層下陷，對已出現之地層下陷區進行人工回灌。</li> <li>● 採取陸地河流與水庫調水、以淡壓鹹等措施，應對河口海水倒灌及鹹潮上溯。</li> </ul>
加強水資源配置、節水和海水利用技術研發與推廣	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 開發大氣、地表、土壤及地下水轉化機制及最佳化配置技術，如污水、洪水資源化技術，人工降雨技術等。</li> <li>● 研究水循環利用技術，開發節水綜合配套技術，重點為精量灌溉技術、智慧化農業用水管理技術及設備，及生活節水技術器具開發。</li> <li>● 加強家庭節水與海水淡化技術的研究、開發與推</li> </ul>

表 2-33 各國調適策略綜整表

	主軸	策略或措施	中國	美國	日本	英國	澳洲	台灣
調適策略	政策面	節約用水(如節水宣導、收費制度調整、節水標章)	●	●	●	●	●	●
		合理用水(提升用水回收率)	●	●	●	●	●	●
		促進綠建築或綠色基礎設施多重效益		●				
		審查修訂法令(如節水標準訂定、水權分配制度、水權轉讓制度)	●	●	●	●	●	●
	工程面	自來水減漏	●	●	●	●	●	●
		多元化水源開發(如水庫、海淡、雨水儲集及水再生利用)	●	●	●	●	●	●
		緊急應變措施(如備援水源、緊急供水機制等)	●	●	●	●	●	●
		水質改善(如降雨初期濁度削減、底泥浚淤、高級淨水處理設施、保護水域水質)	●		●	●	●	●
	管理面	區域水源調度	●	●	●	●	●	●
		乾旱既有設施有效活用(如標的用水調配、乾旱用水計畫、水交易市場)		●	●	●	●	●
		生態系統管理(如濕地管理、生態緩衝區設置、海洋酸化管理)	●	●		●	●	
		土地開發利用管理	●	●				
		水土資源保育(如土砂管理、集水區保育及地下水涵養)		●	●			●

## 第參章、水文因子情境設定及分析

進行氣候變遷衝擊分析前，應先針對目標年水資源需求、水環境因子變動趨勢及未考量氣候變遷影響下之可運用水源量進行分析探討。其中目標年水資源需求推估主要針對生活用水、工業用水及農業用水進行推估，生活用水量考量社會發展、溫度變化及自來水管線改善之影響；工業用水量引用水利署已設置、已編定及規劃中工業區之推估量；農業用水量以 TaiWap 推估氣候變遷影下之灌溉用水。水環境因子變動趨勢以 MK 檢定、MWP 檢定及 MWP 檢定分析三種統計方法分析降雨量、降雨強度和連續不降雨日數三種降雨特性之變動趨勢，以探討水環境因子觀測資料是否有明顯之變動趨勢。地表水可運用水量以地表水公共供水潛能量及供水系統供水能力兩種指標進行分析，地下水可運用水量以水平衡法推估地下水供水潛能量。以下分別針對目標年水資源需求情境設定、水資源相關水環境因子變動趨勢分析及可運用水量分析之詳細作法與分析結果進行說明。

### 一、未來水資源需求情境設定

目標年水資源需求情境，參考經濟部水利署，民國100年，「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」計畫之推求方式，同時考量社經發展與氣候變遷之影響。由於水資源規劃目標年現採民國120年，恰可對應氣候變遷的短期情境時期(西元2020~2039年)，故本計畫在氣候變遷評估將以短期(西元2020~2039年)為評估時期。

目標年水資源需求推估之生活用水量考量社會發展、溫度變化及自來水管線改善之影響；工業用水量引用水利署已設置、已編定及規劃中工業區之推估量；農業用水量以 TaiWap 推估氣候變遷影下之灌溉用水。

### (一)生活用水

目標年生活用水量推估以每人每日用水量、人口數、自來水抄見率及自來水普及率進行估算，其推估公式如下所示：

$$A: \text{自來水配水量} = \text{人口數} \times \text{普及率} \times \text{每人每日用水量(LPCD120)/抄見率} \quad \text{式 3-1}$$

$$B: \text{LPCD120(本計畫推估)} = \text{LPCD120(水利署推估值)} + \text{GDP修正量} + \text{溫度修正量} \quad \text{式 3-2}$$

前述目標年民國120年之人口數、自來水抄見率、自來水普及率及LPCD120(水利署推估民國120年每人每日用水量)參考水利署民國98年「臺灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」之推估結果，資料詳見表3-1。透過上式之修正，即可推估中部區域各縣市生活用水受社經發展及氣候變遷之影響。以下針對GDP修正量及溫度修正量之估算結果進行說明。

**表 3-1 中部區域目標年人口數、自來水抄見率及自來水普及率**

	年度 (民國)	地區				
		苗栗	台中	南投	彰化	雲林
人口數 (萬人)	96	54.16	262.53	55.91	128.90	72.33
	120	55.04	275.23	56.18	133.26	73.06
自來水系統普及率 (%)	96	75	91.87	76.23	93.84	93.66
	120	85.61	97.79	86.22	99.76	99.80
自來水系統抄見率 (%)	96	66.9	59.7	64.89	69.62	68.65
	120	71.42	66.03	69.41	74.14	73.17
每人每日用水量(水利署推估值 <sup>註</sup> )(升/人/日)	96	232	281	229	197	223.5
	120	235	285	232	200	238

註：資料來源為經濟部水利署民國98年臺灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討。

## 1、GDP修正

參考經濟部水利署民國100年「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」計畫之推估方式，假設人均GDP與LPCD成乘冪關係，即

$$LPCD = a \cdot GDP^b \quad \text{式 3-3}$$

將式3-3對GDP偏微分後再積分後可得

$$\Delta LPCD = LPCD_{120} - LPCD_{96} = a \cdot GDP_{120}^b - a \cdot GDP_{96}^b \quad \text{式 3-4}$$

若人均GDP與LPCD之相關係數R大於0.6(即回歸判定係數 $R^2$ 大於0.36)即需進行修正，本計畫以民國90~99年之GDP與LPCD進行乘冪回歸，中部區域各縣市之回歸結果如圖3-1~圖3-5所示，顯示除台中地區外，其它地區相關係數R皆大於0.66(即回歸判定係數 $R^2$ 大於0.36)，需要進行GDP修正。

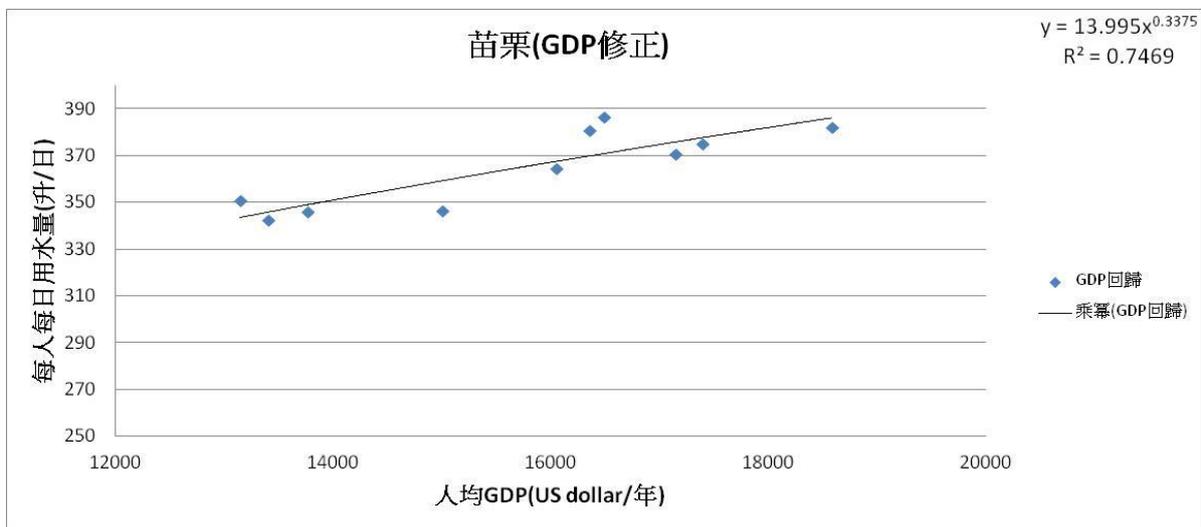


圖3-1 苗栗地區人均GDP與LPCD之迴歸分析

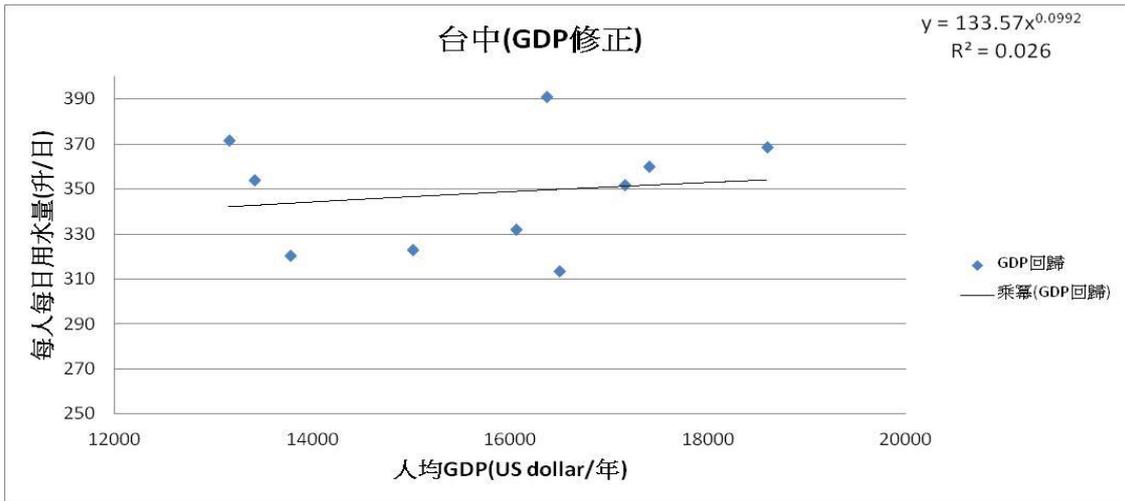


圖3-2 台中地區人均GDP與LPCD之迴歸分析

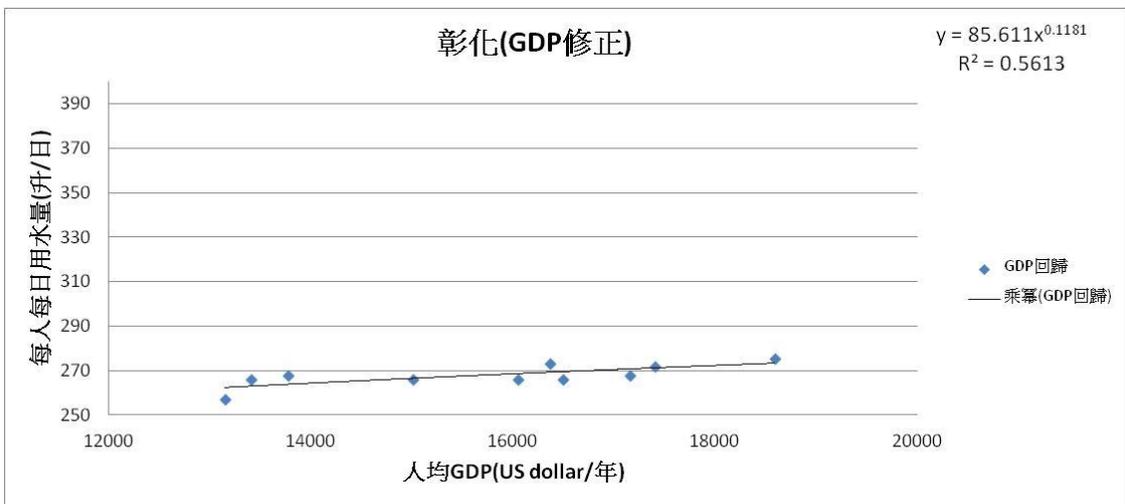


圖3-3 彰化地區人均GDP與LPCD之迴歸分析

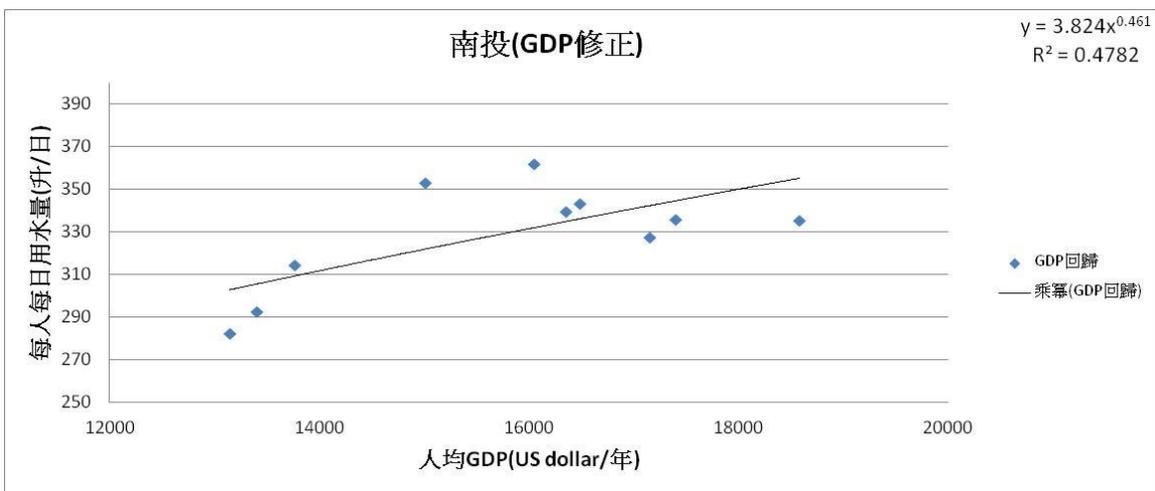


圖3-4 南投地區人均GDP與LPCD之迴歸分析

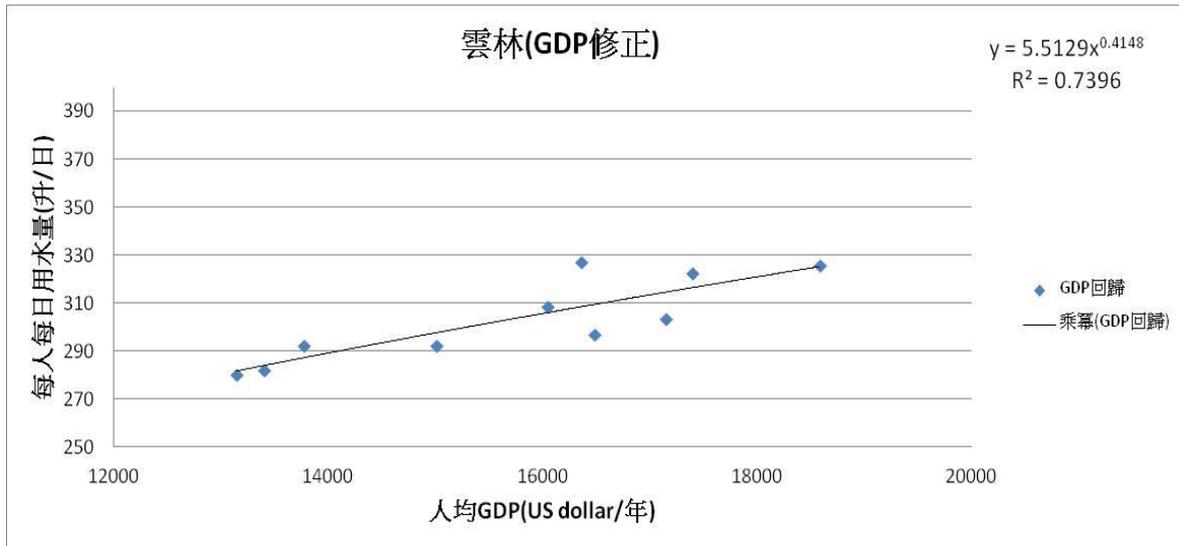


圖3-5 雲林地區人均GDP與LPCD之迴歸分析

## 2、溫度修正

參考經濟部水利署民國100年「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」計畫之推估方式，以26度為門檻值，計算溫度差值對LPCD之影響，其中苗栗、台中、彰化、雲林及南投溫度資料分別採用新竹站、梧棲站、玉山站、阿里山站及日月潭站之平均氣溫，將溫度差值與每人每日用水量差值(以後筆資料減前筆資料之方式兩兩相減)進行線性迴歸，若相關係數R大於0.6(即回歸判定係數 $R^2$ 大於0.36)即需進行修正，中部區域各縣市之迴歸結果如圖3-6~圖3-10所示，顯示僅彰化地區相關係數R大於0.6(即回歸判定係數 $R^2$ 大於0.36)，需進行溫度修正。

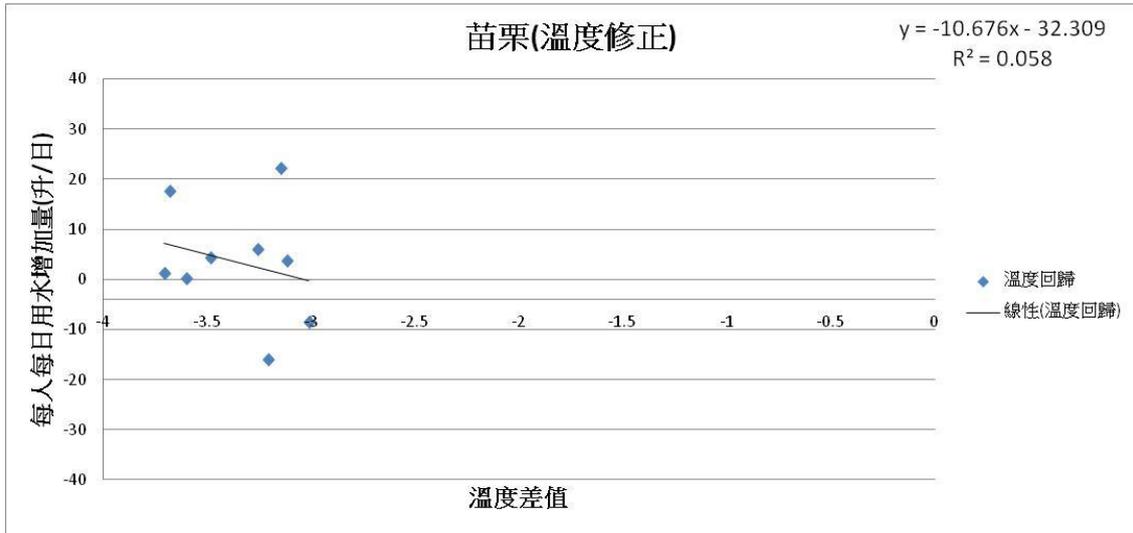


圖3-6 苗栗地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析

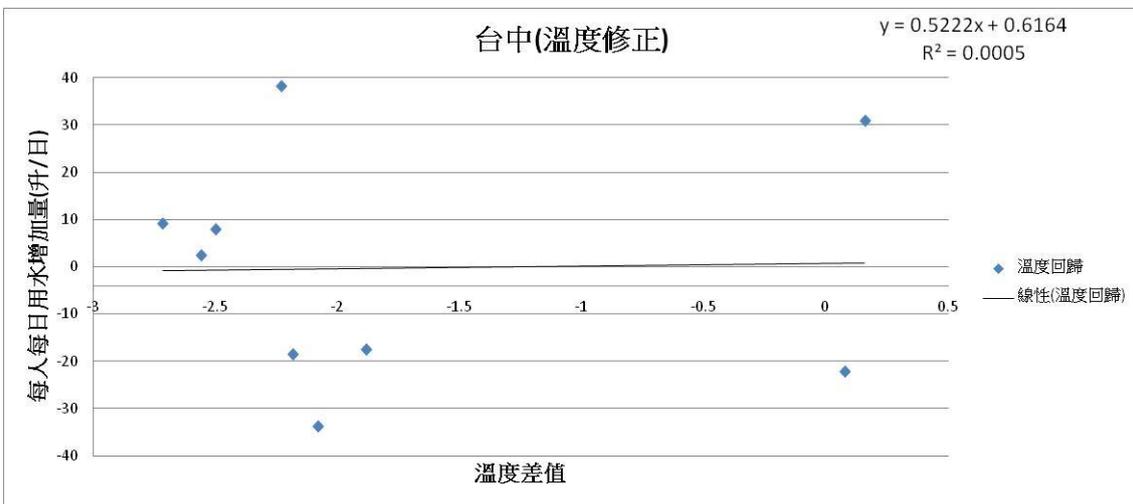


圖3-7 台中地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析

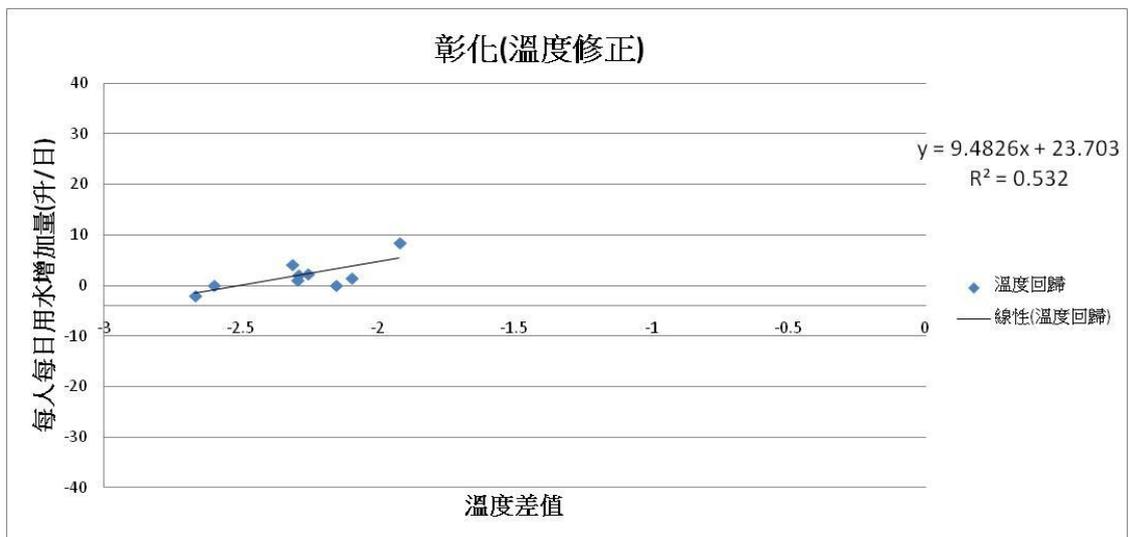


圖3-8 彰化地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析

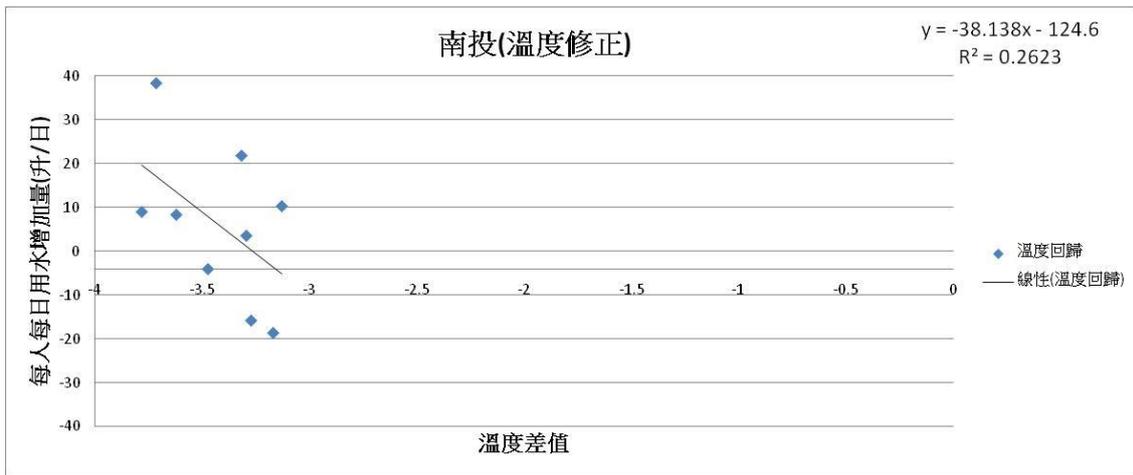


圖3-9 南投地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析

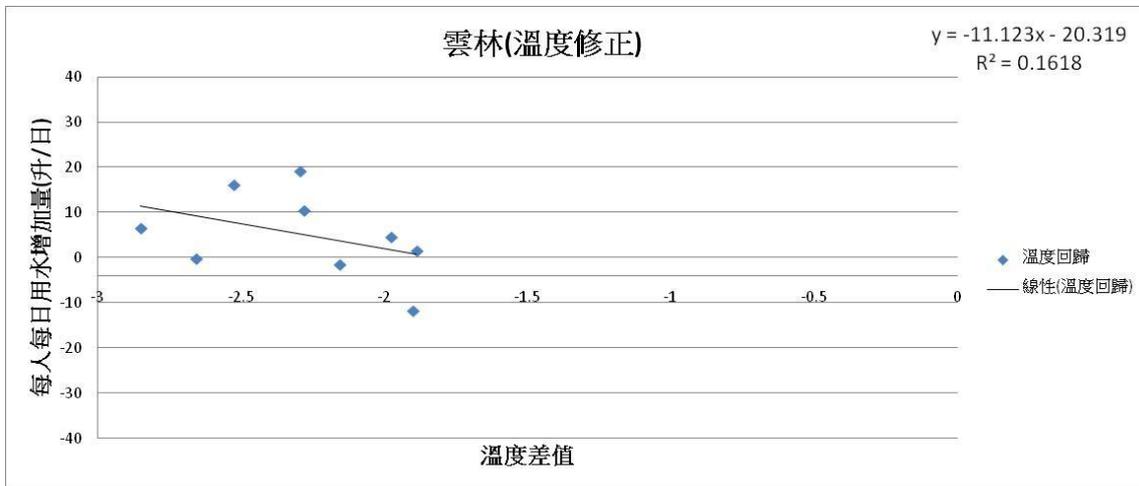


圖3-10 雲林地區溫度差值與每人每日用水量差值之迴歸分析

### 3、修正後之每人每日用水量

根據前述GDP修正與溫度修正步驟，配合式3- 2，即可推估修正後之每人每日用水量。本計畫參考財團法人台灣綜合研究院民國95年「溫室氣體減量政策對能源政策之影響及因應對策」分析成果，民國120年A1B、A2及B1情境下之GDP分別採用25068、33860及21414美金/年/人，民國96年GDP為17154美金/年/人，未來溫度變化則以NCDR提供降尺度分析進行分析，中部區域各縣市民國120年每人每日用水量推估結果示如圖3-11~圖3-25。

就A1B情境而言，苗栗地區LPCD之GDP修正量為51.3升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為286.5升/日/人；台中地區LPCD之GDP修正量為0升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為285升/日/人；彰化地區LPCD之GDP修正量為12.4升/日/人，溫度修正量介於20.9~27.6升/日/人，整體修正後介於233.3~240.1升/日/人；南投地區LPCD之GDP修正量為50.8升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為283.2升/日/人；雲林地區LPCD之GDP修正量為53.6升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為291.8升/日/人。

就A2情境而言，苗栗地區LPCD之GDP修正量為97升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為332.1升/日/人；台中地區LPCD之GDP修正量為0升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為285升/日/人；彰化地區LPCD之GDP修正量為22.6升/日/人，溫度修正量介於20.6~26升/日/人，整體修正後介於243.4~248.7升/日/人；南投地區LPCD之GDP修正量為96.6升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為329升/日/人；雲林地區LPCD之GDP修正量為102.5升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為340.7升/日/人。

就B1情境而言，苗栗地區LPCD之GDP修正量為97升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為264.4升/日/人；台中地區LPCD之GDP修正量為0升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為285升/日/人；彰化地區LPCD之GDP修正量為22.6升/日/人，溫度修正量介於20.7~27.1升/日/人，整體修正後介於227.9~234.4升/日/人；

南投地區LPCD之GDP修正量為96.6升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為261.2升/日/人；雲林地區LPCD之GDP修正量為102.5升/日/人，溫度修正量為0升/日/人，整體修正後為268.5升/日/人。

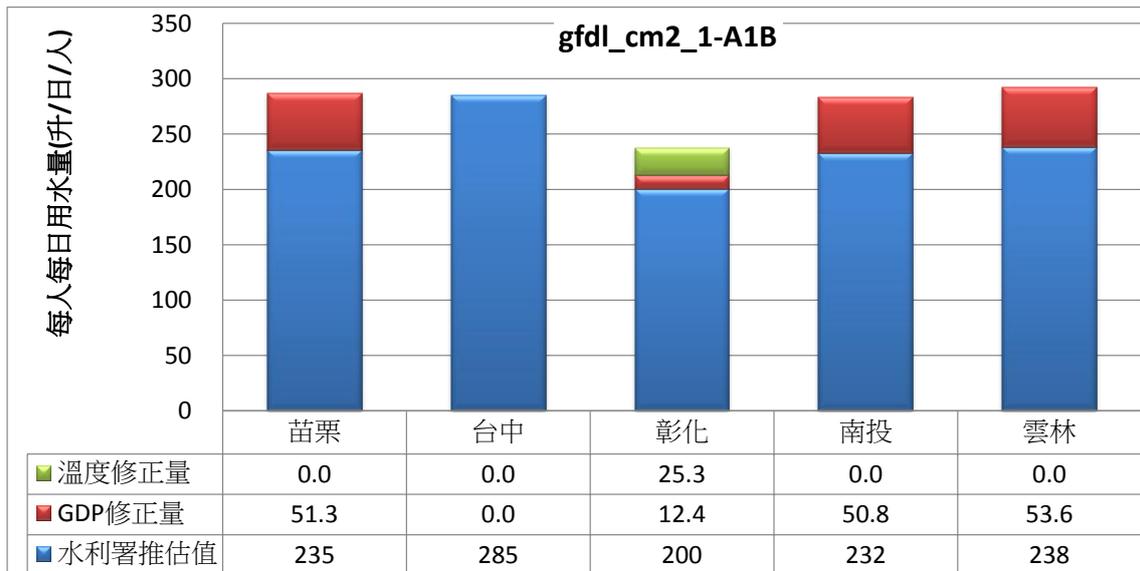


圖3-11 GFCM21之A1B情境下修正後之每人每日用水量

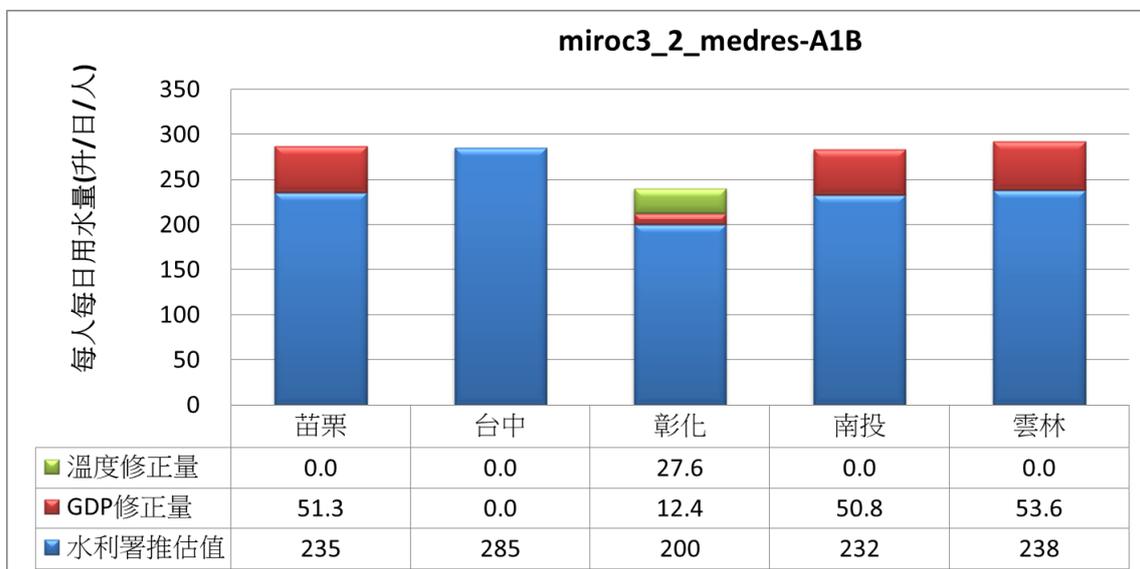


圖3-12 MIMR之A1B情境下修正後之每人每日用水量

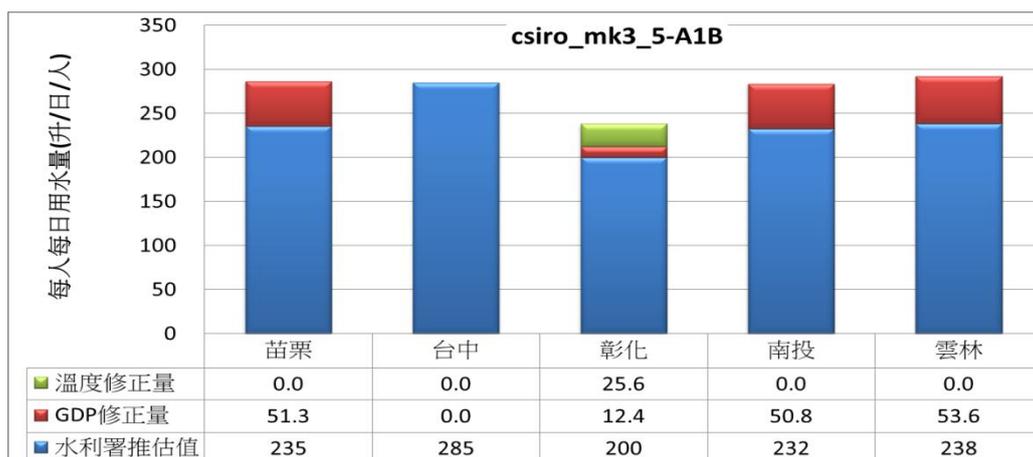


圖3-13 CSMK35之A1B情境下修正後之每人每日用水量

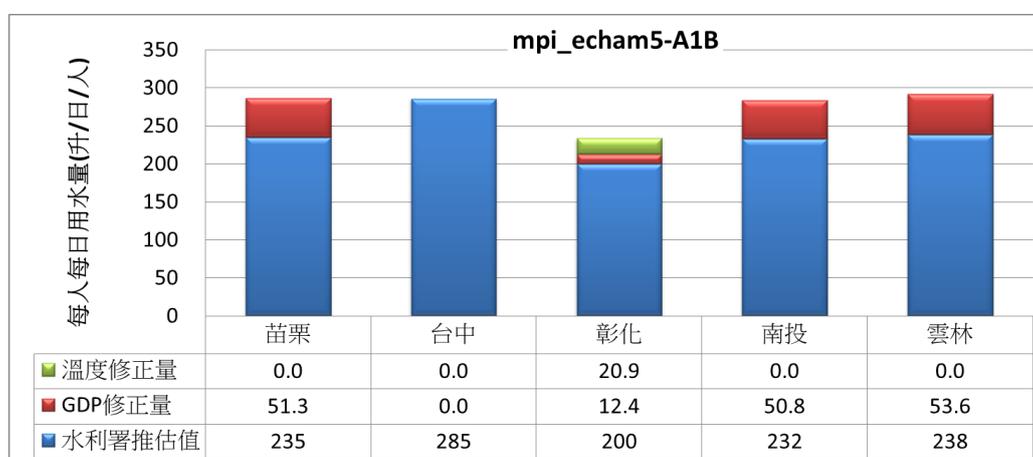


圖3-14 MPEH5之A1B情境下修正後之每人每日用水量

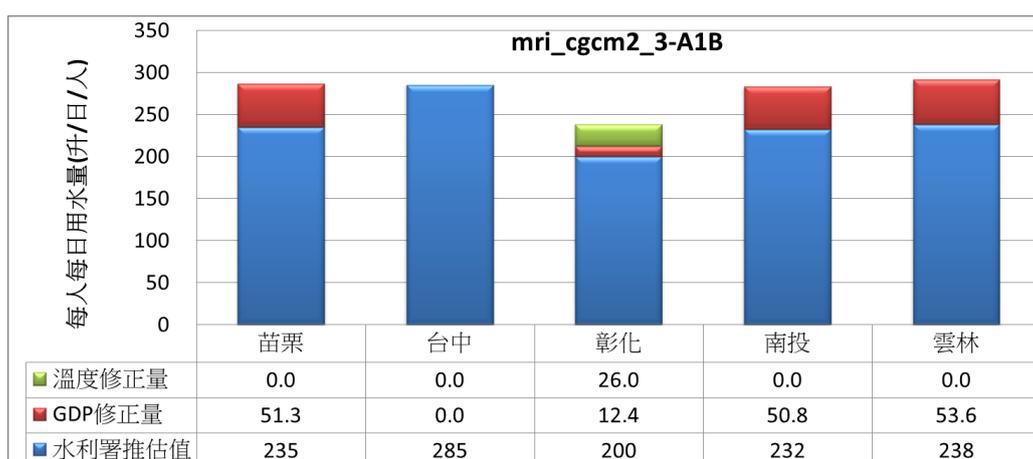


圖3-15 MRCGCM之A1B情境下修正後之每人每日用水量

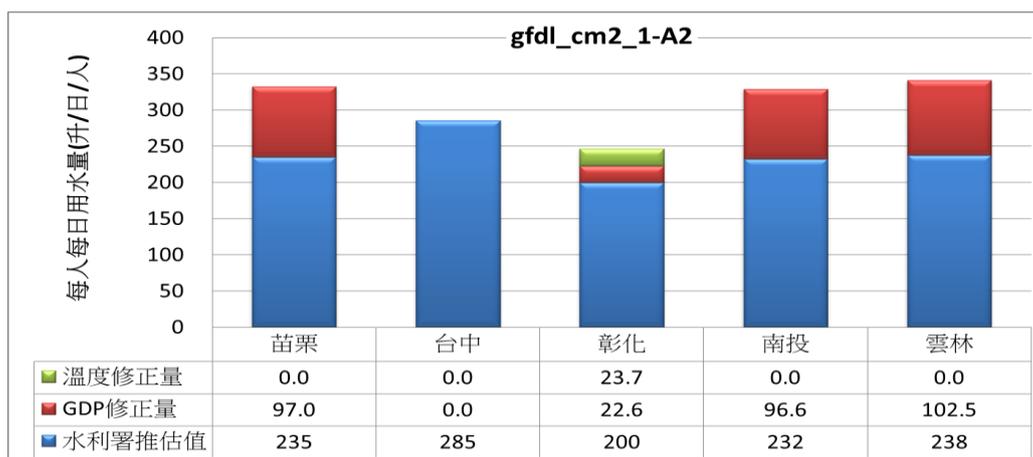


圖3-16 GFCM21之A2情境下修正後之每人每日用水量

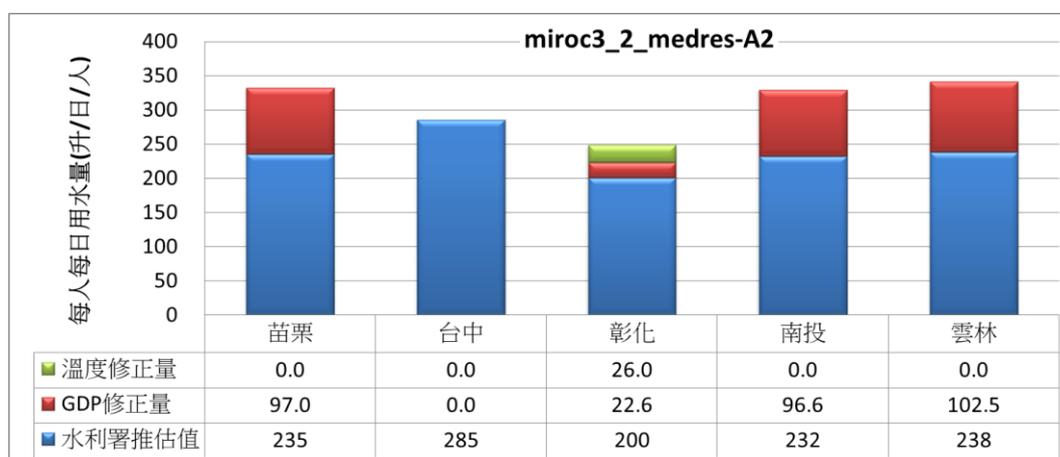


圖3-17 MIMR之A2情境下修正後之每人每日用水量

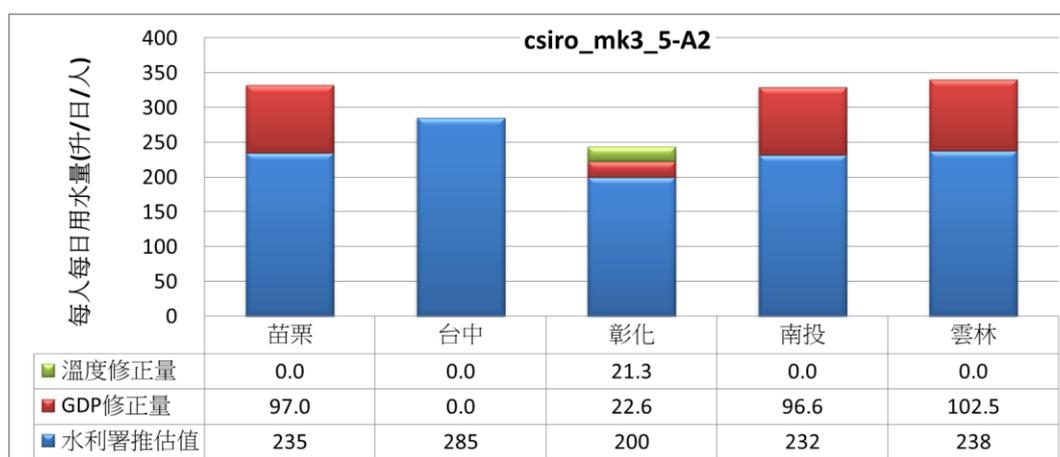


圖3-18 CSMK35之A2情境下修正後之每人每日用水量

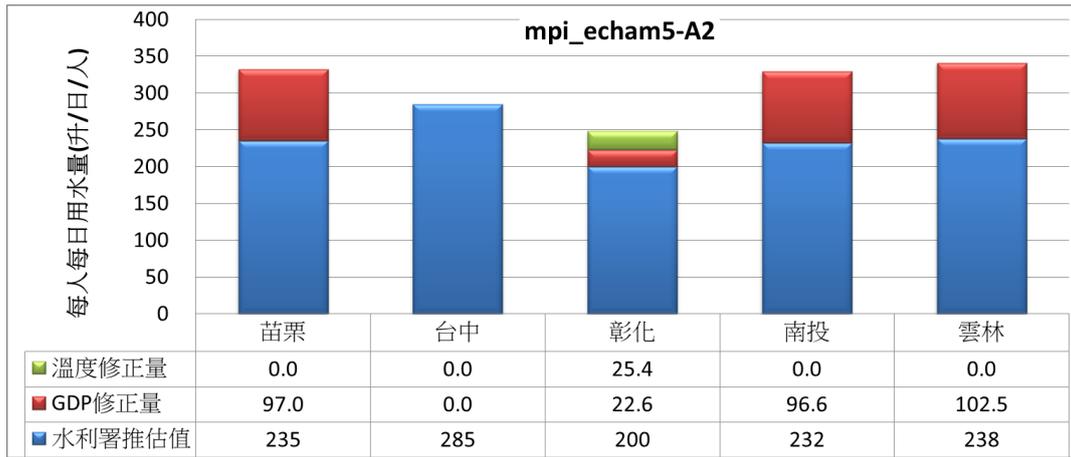


圖3-19 MPEH5之A2情境下修正後之每人每日用水量

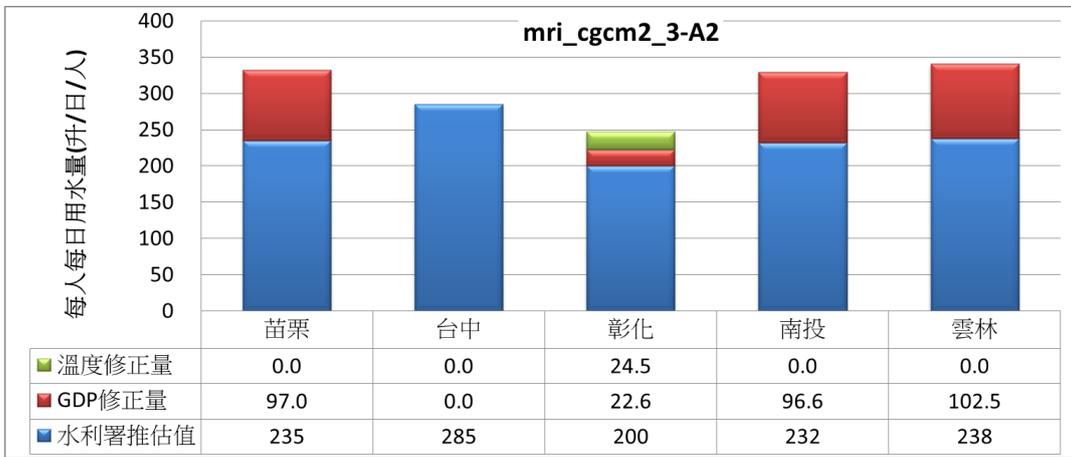


圖3-20 MRCGCM之A2情境下修正後之每人每日用水量

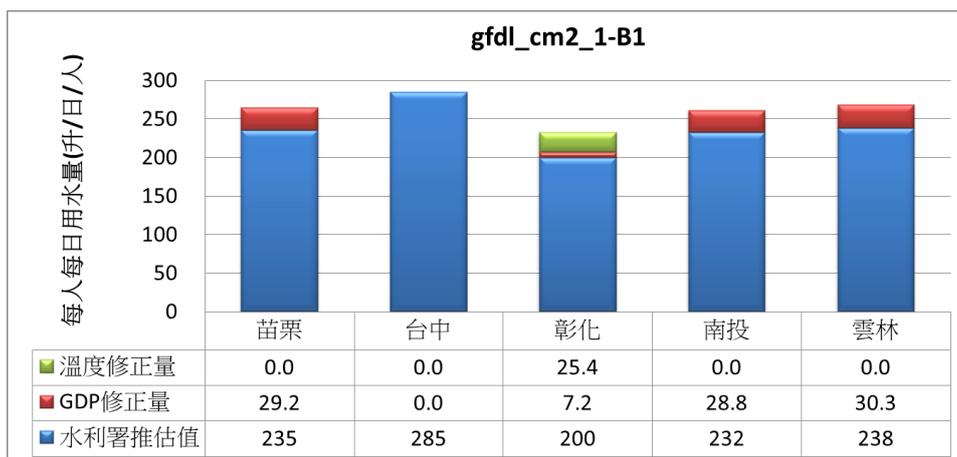


圖3-21 GFCM21之B1情境下修正後之每人每日用水量

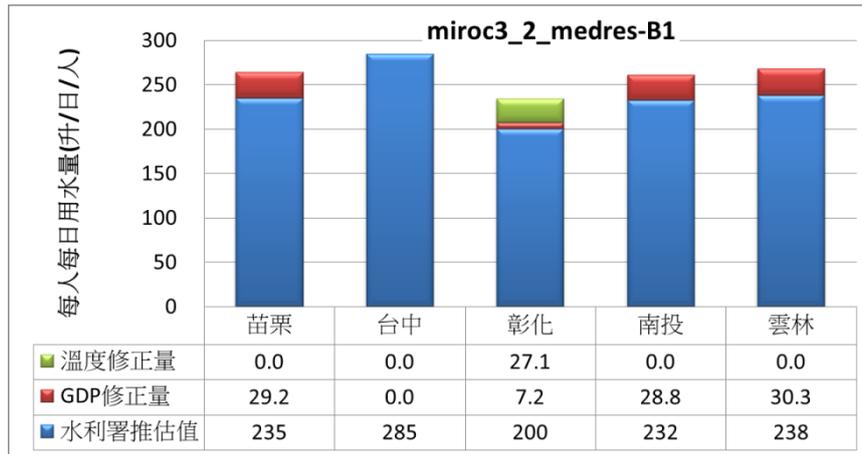


圖3-22 MIMR之B1情境下修正後之每人每日用水量

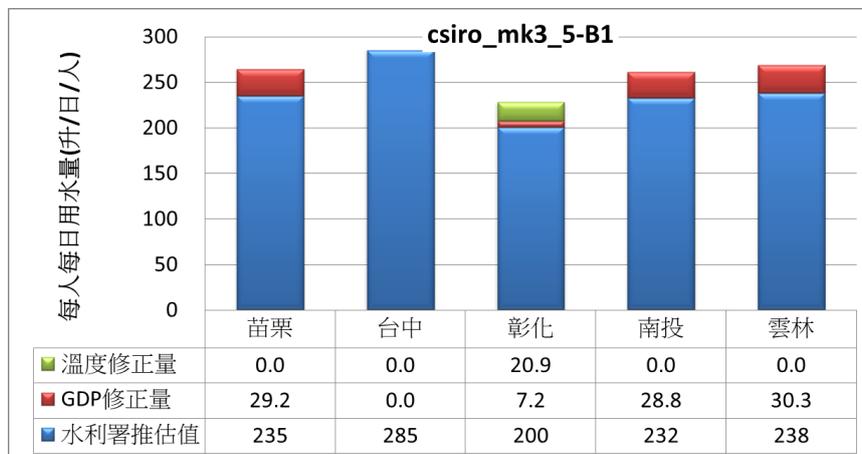


圖3-23 CSMK35之B1情境下修正後之每人每日用水量

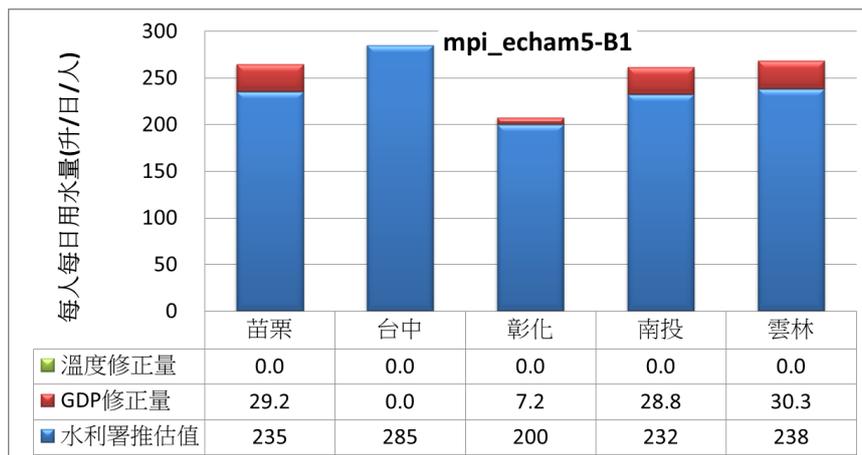


圖3-24 MPEH5之B1情境下修正後之每人每日用水量

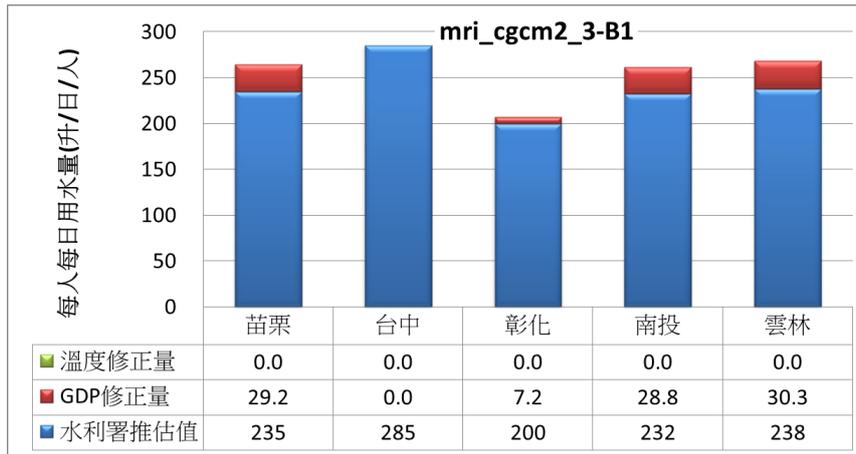


圖3-25 MRCGCM之B1情境下修正後之每人每日用水量

#### 4、生活用水量推估結果

由前述每人每日用水量推估結果，配合式3- 1，即可推估各縣市民國120年之生活用水量，分析結果示如表3-2。本計畫各縣市生活用水推估量與水利署原推估量比較如圖3-26~圖3-30所示。結果顯示，在A1B氣候變遷情境下生活用水量相較於無考量氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區成長每日3.4萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日5.9~7.2萬立方公尺，南投地區成長每日3.6萬立方公尺，雲林地區成長每日5.4萬立方公尺；在A2氣候變遷情境下生活用水量相較於無考量氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區考成長每日6.4萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日7.9~8.7萬立方公尺，南投地區成長每日6.8萬立方公尺，雲林地區生活用水量成長每日10.3萬立方公尺；在B1氣候變遷情境下生活用水量相較於無考量氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區成長每日1.9萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日1.3~6.1萬立方公尺，南投地區成長每日2萬立方公尺，雲林地區成長每日3.1萬立方公尺。

表 3-2 中部區域各縣市目標年生活用水量推估成果

單位：萬立方公尺/日

情境	GCM 模式	苗栗	台中	彰化	南投	雲林
無考量氣候變遷 (水利署原推估值)		15.5	116.2	35.9	23.7	16.2
A1B	GFCM21	18.9	116.2	42.7	29.1	19.8
	MIMR	18.9	116.2	42.6	29.1	19.8
	CSMK35	18.9	116.2	43.1	29.1	19.8
	MPEH5	18.9	116.2	41.8	29.1	19.8
	MRCGCM	18.9	116.2	42.8	29.1	19.8
A2	GFCM21	21.9	116.2	43.8	34.0	23.0
	MIMR	21.9	116.2	44.2	34.0	23.0
	CSMK35	21.9	116.2	44.6	34.0	23.0
	MPEH5	21.9	116.2	44.5	34.0	23.0
	MRCGCM	21.9	116.2	44.3	34.0	23.0
B1	GFCM21	17.4	116.2	40.9	26.8	18.2
	MIMR	17.4	116.2	41.7	26.8	18.2
	CSMK35	17.4	116.2	42.0	26.8	18.2
	MPEH5	17.4	116.2	37.2	26.8	18.2
	MRCGCM	17.4	116.2	37.2	26.8	18.2

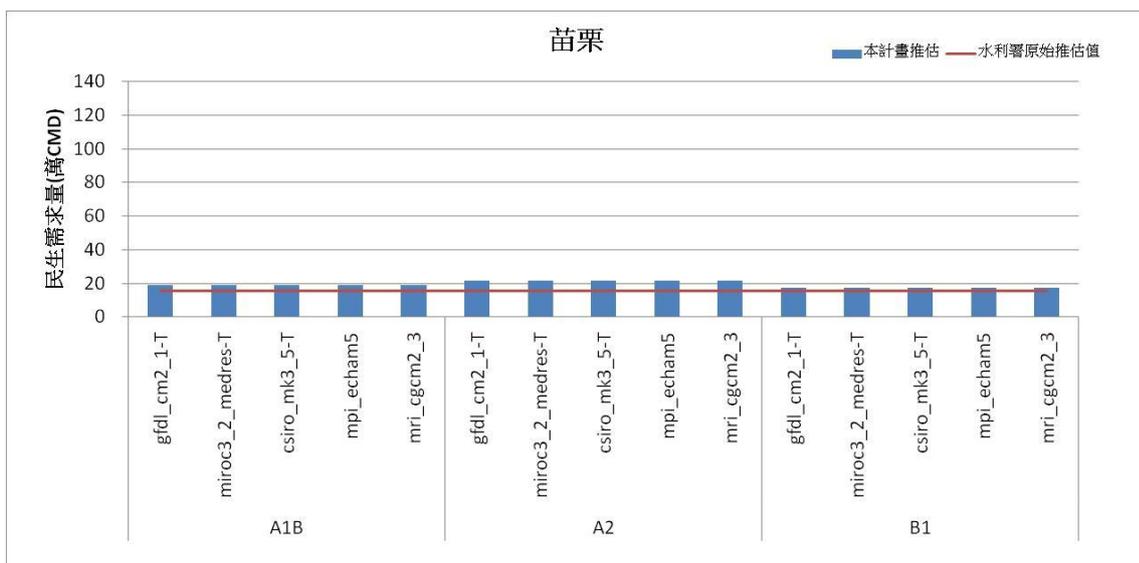


圖3-26 苗栗地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表

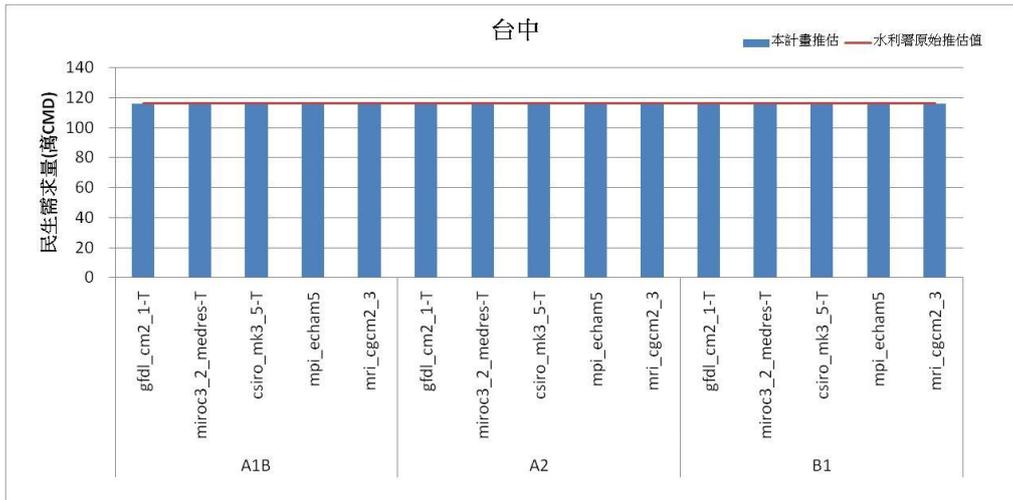


圖3-27 台中地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表

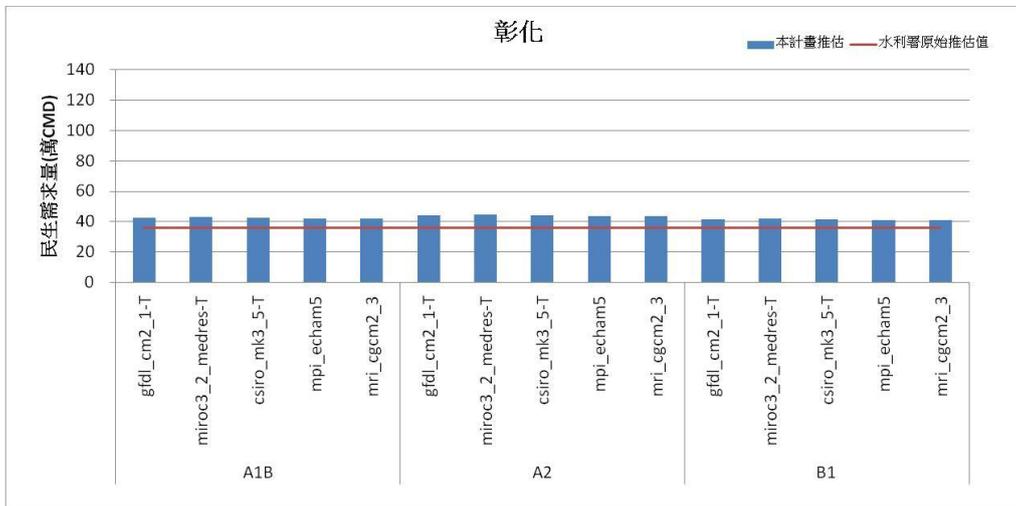


圖3-28 彰化地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表

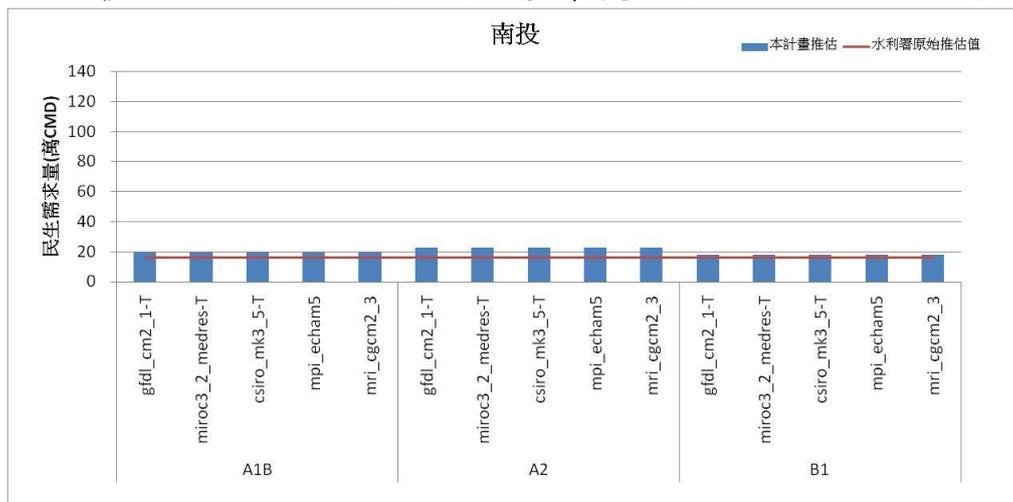


圖3-29 南投地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表

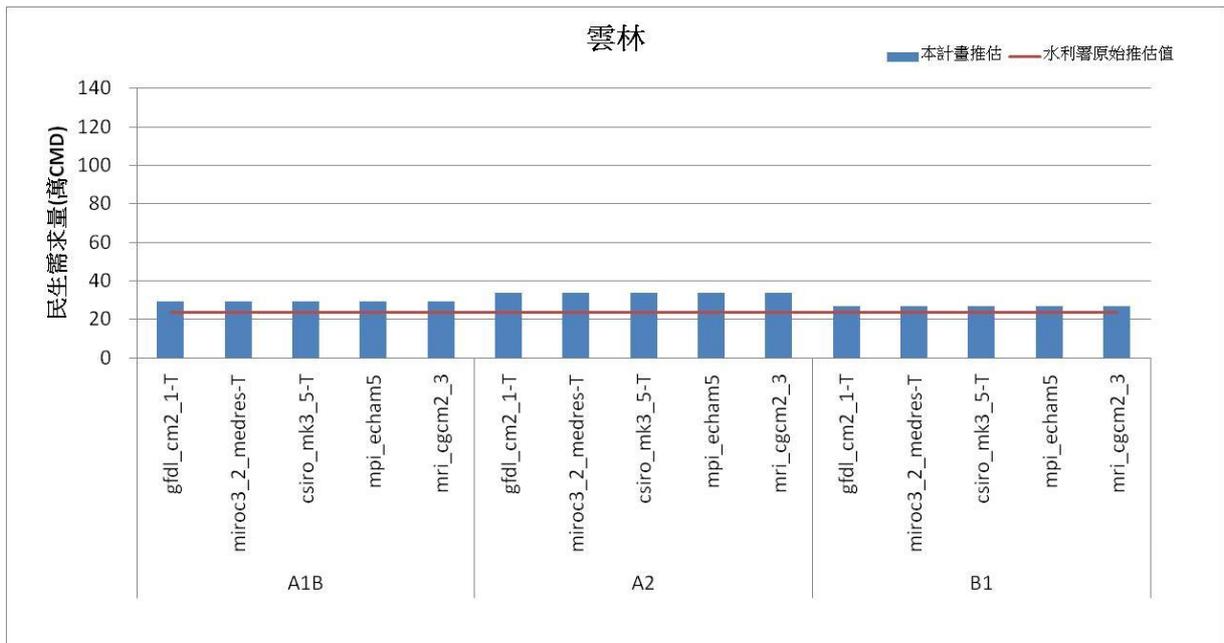


圖3-30 雲林地區不同氣候變遷情境下生活用水推估量比較表

## (二)工業用水

氣候環境造成的工業用水影響主要以冷卻用水為主，然就中部區域而言，工業以化學材料製造業為大宗(約佔33.86%)，其次分別為紙漿、紙及製品製造業(12.69%)、食品製造業(12.28%)及紡織業(9.66%)等，各產業之冷卻用水量佔工業用水量之比例甚低，故目標年工業用水推估不考量氣候變遷影響。本計畫目標年工業用水推估量採用水利署民國98年「臺灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」推估成果，包含高、中、低成長之工業用水量，其中低成長係考量現有工業成長外，加上開發中工業區；中成長係考量低成長外，再加上編定及報編中之工業區，高成長係除考量中成長外，再加上規劃及研議中之新增工業區。工業用水量，民國120年之工業用水自來水系統用水量如表3-3所示。由於A2情境為追求高度經濟發展，A1B情境為經濟與環境並重，B1情境為注重經濟、社會與環境的永續性，故本計畫A2情境採

用高成長工業用水量進行分析，A1B情境採用中成長工業用水量進行分析，B1情境採用低成長工業用水量進行分析。

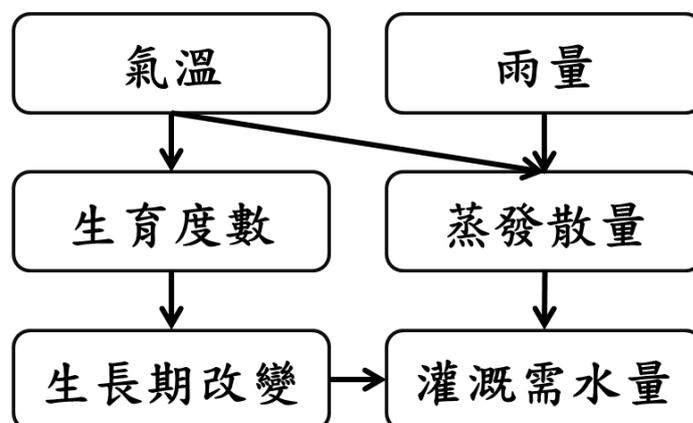
**表 3-3 中部區域目標年(民國 120)年工業用水自來水系統用水推估量**

單位：萬噸/日

苗栗地區			台中地區			南投地區			彰化地區			雲林地區		
低	中	高	低	中	高	低	中	高	低	中	高	低	中	高
18.1	26.1	26.1	49.9	54.6	54.6	1.3	1.3	1.3	5.7	5.7	5.7	7.6	7.6	7.6

### (三)農業用水

農業灌溉需水量主要受作物類別、土壤類別、氣溫及雨量影響，本計畫主要目的為推估氣候變遷影響下，因生長期改變及潛能蒸發散改變下，造成各月份灌溉需水量之改變量。生長期改變主要依照水田累積生長度數為依據，水田灌溉需水量則考量水田湛水深、溢流、不同生長期蒸發散係數等因素進行評估，氣候變遷下灌溉需水量改變示如圖3-31，作物蒸發散量的改變表示需水量的改變，加上生長期也受氣候改變影響，未來農業灌溉用水在氣候變遷影響下，將會改變各時期的需水量。



**圖3-31 氣溫與降雨的改變造成灌溉需水量改變示意圖**

氣候變遷評估利用氣象資料產生器，產生符合現況之氣溫與降雨資料；再代入氣候變遷預設情境，並以氣象資料產生器產生各情境之氣溫與降雨資料。本計畫採用台灣大學生物環境系統工程學系永續發展研究室研發之TaiWAP進行農業灌溉需水之模擬，相關模式理論請詳見附錄六。

歷年計畫用水量之統計量即蒐集歷年農業計畫用水量扣除離散值後，以平均值估算之。各灌區歷年計畫用水量之分佈離散情形以箱型圖表示，詳見圖3-32~圖3-43所示。本計畫利用TaiWAP輸入歷年計畫用水量及氣象合成資料，可模擬出中部區域各灌區在不同情境下之不同GCM所改變之農業灌溉用水量，中部區域各農業灌區需求量改變率介於-1~3.35%。文內以中港溪上游灌區為例，中港溪上游灌區需求量改變率介於-1~2.72%，其各月份灌溉需水量改變率分析結果如圖3-44~圖3-46所示，中部區域其餘灌區請參考附錄七。上述改變率係指氣候變遷下灌溉需水量相較於無考量氣候變遷之灌溉需水量之變化率。

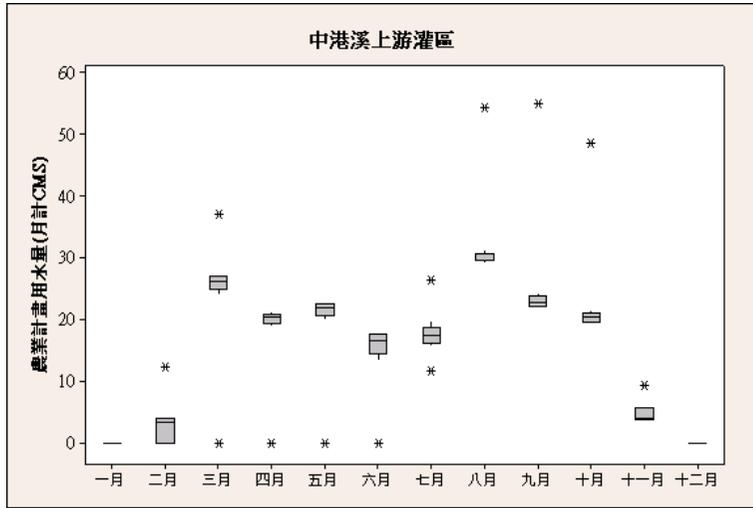


圖3-32 中港溪上游灌區歷年計畫用水量箱型圖

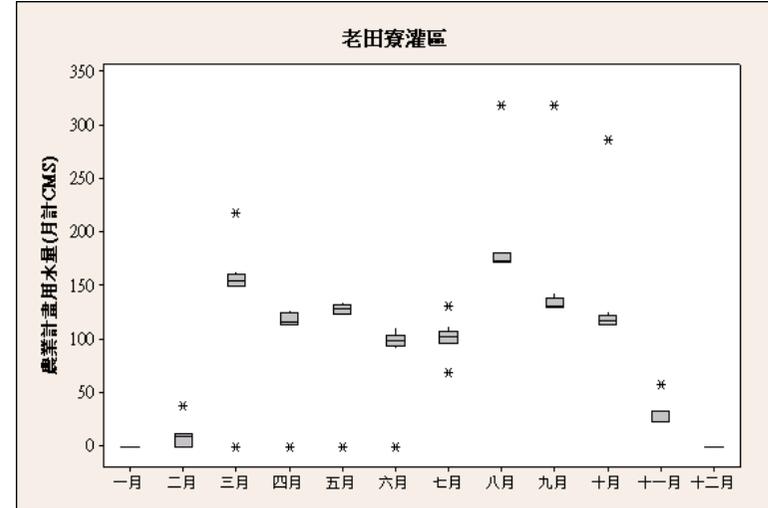


圖3-33 老田寮上游灌區歷年計畫用水量箱型圖

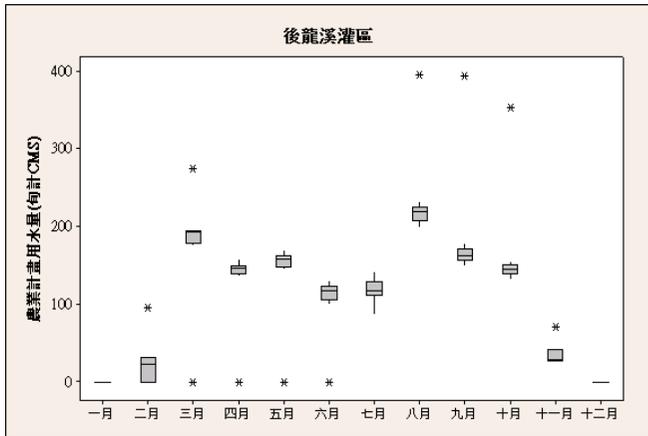


圖3-34 後龍溪灌區歷年計畫用水量箱型圖

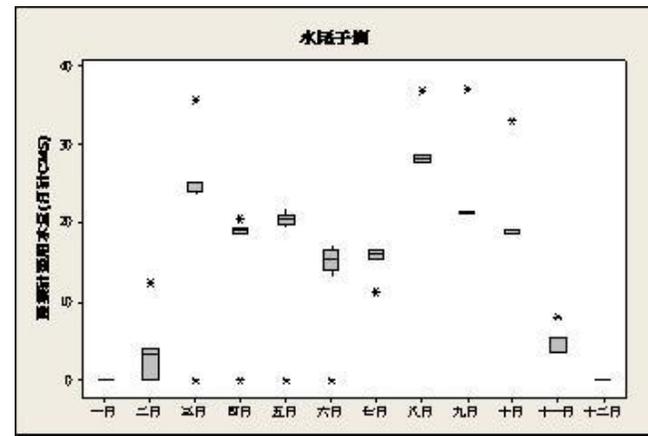


圖3-35 水尾子圳歷年計畫用水量箱型圖

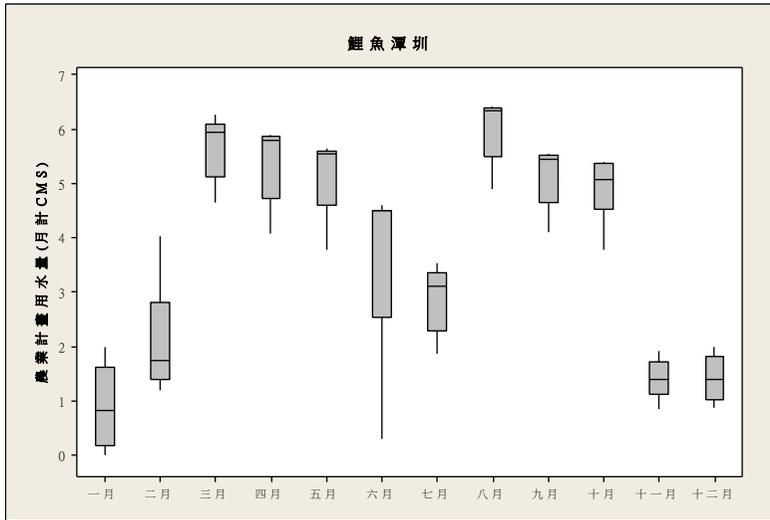


圖3-36 鯉魚潭圳歷年計畫用水量箱型圖

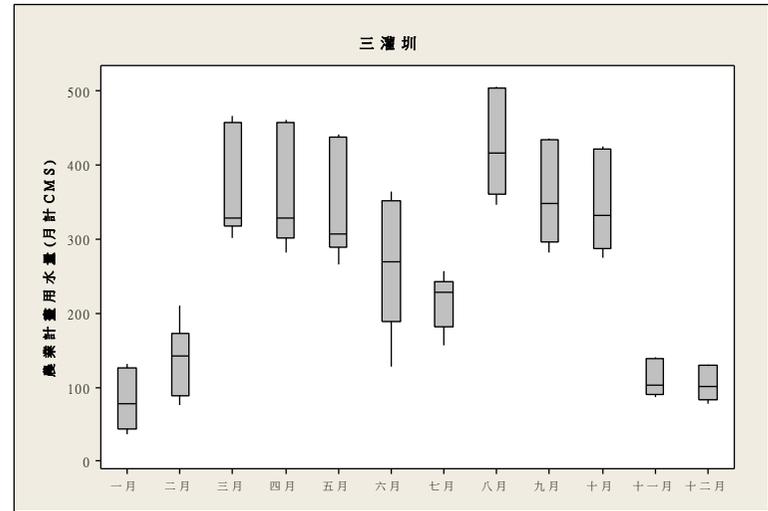


圖3-37 三灌圳歷年計畫用水量箱型圖

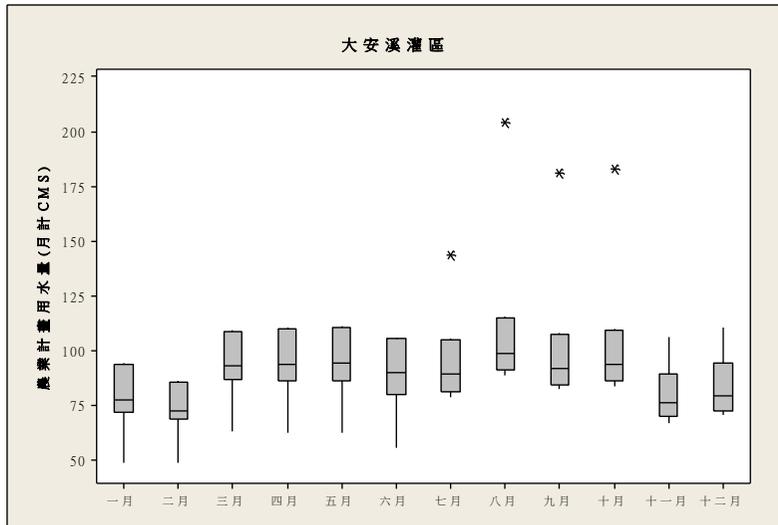


圖3-38 大安溪灌區歷年計畫用水量箱型圖

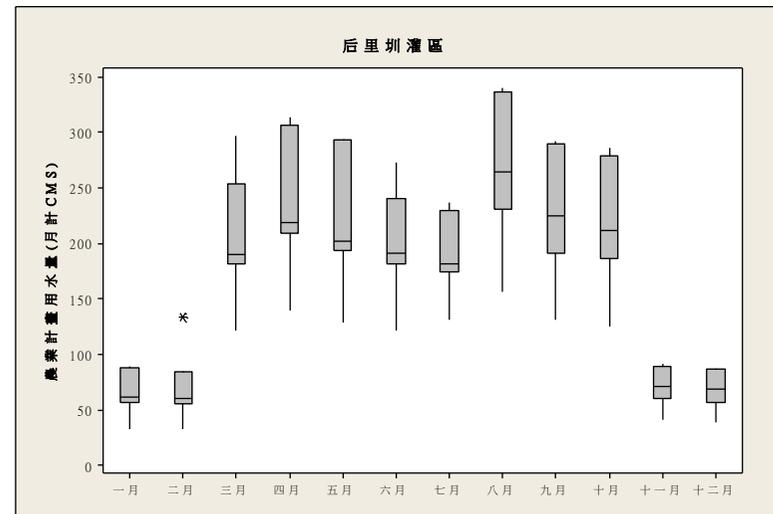


圖3-39 后里圳灌區歷年計畫用水量箱型圖

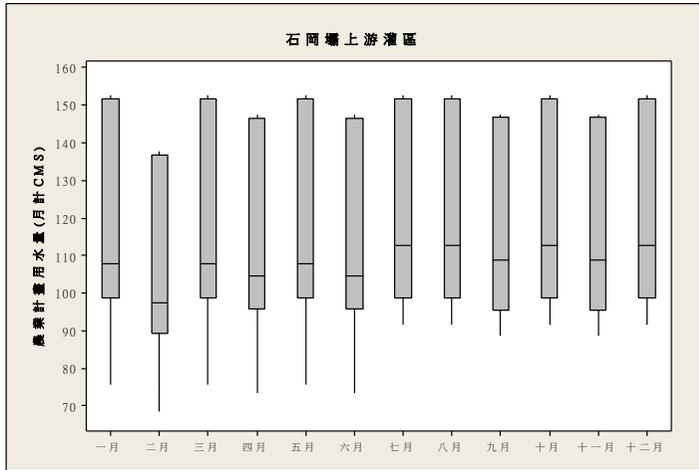


圖3-40 石岡壩上游灌區歷年計畫用水量箱型圖

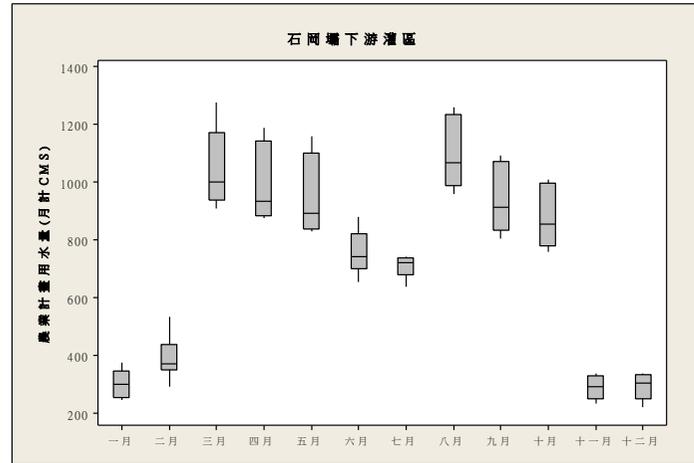


圖3-41 石岡壩下游灌區歷年計畫用水量箱型圖

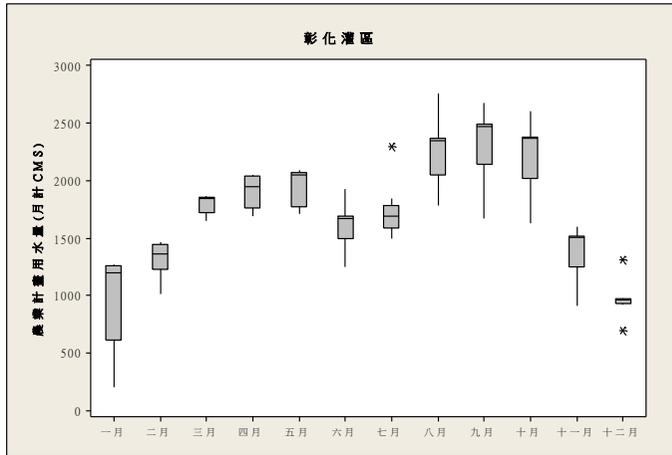


圖3-42 彰化灌區歷年計畫用水量箱型圖

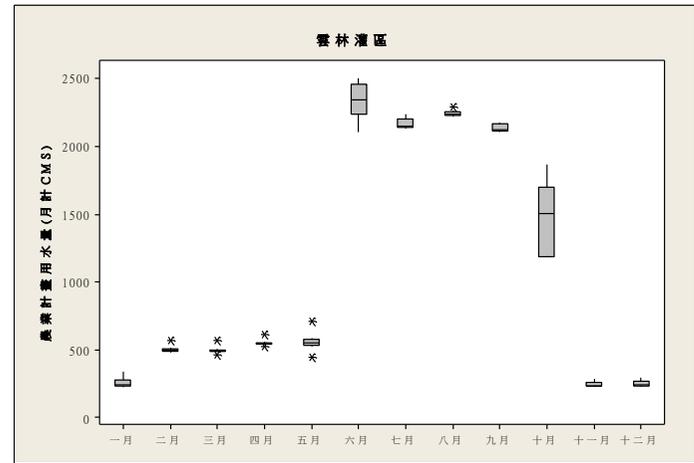


圖3-43 雲林灌區歷年計畫用水量箱型圖

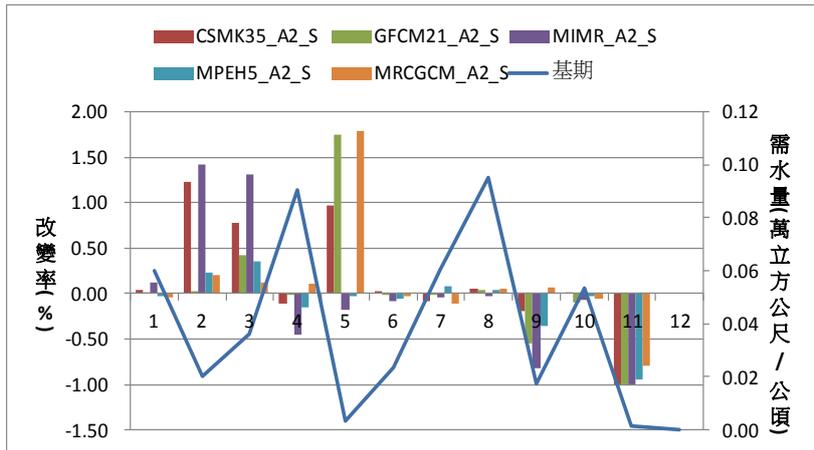


圖3-44 A2 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率

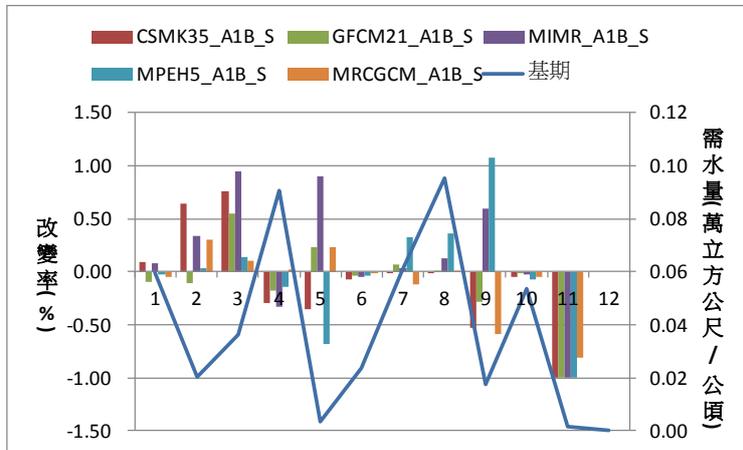


圖3-45 A1B 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率

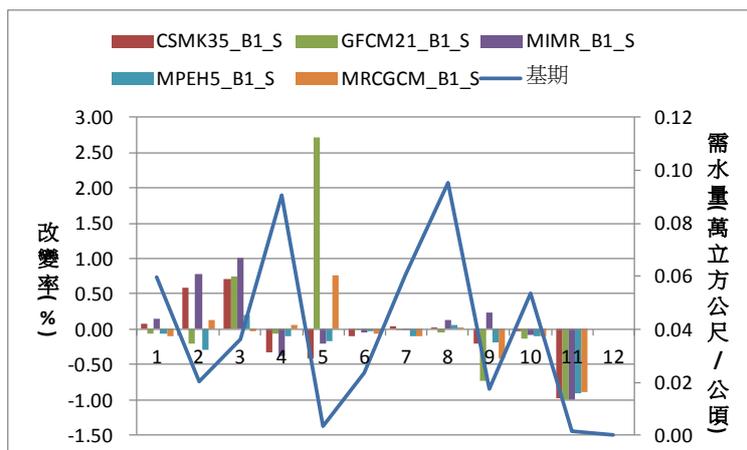


圖3-46 B1 情境下中港溪上游灌區各月灌溉需水量改變率

## 二、水資源相關水環境因子變動趨勢分析

為探討水環境因子觀測資料是否有明顯之變動趨勢，本計畫將以三種統計方法分析降雨量、降雨強度和連續不降雨日數三種降雨特性之變動趨勢，三種統計方法分別為Mann-Kendall檢定(以下簡稱MK檢定)、Mann-Whitney-Pettitt檢定(以下簡稱MWP檢定)與Kruskal-Wallis檢定(以下簡稱KW檢定)。其中MK檢定用來分析基期(西元1980~1999年;民國69~88年)與其他時段(西元2000年;民國89年之後)內，觀測資料是否有明顯變動趨勢。MWP檢定和KW檢定觀測資料是否存有變異點，以下針對統計檢定理論及水環境因子趨勢分析結果進行說明。

### (一)統計檢定理論介紹

MK檢定、MWP檢定與KW檢定均為無母數統計方法(nonparametric statistics)，由於無母數統計方法主要是依據資料的等級(rank)進行檢定，故不受限於資料本身之分布，可應用於各種機率分布資料之分析。三種統計檢定方法理論分別介紹如下：

#### 1. MK (Mann-Kendall)檢定

MK檢定可用於檢測資料是否具有趨勢(Mann, 1945; Kendall, 1975; Gilbert, 1987)，其虛無假設視資料在時間上之分布是隨機的，即資料不具趨勢性；而對立假設為資料具有遞增或遞減的趨勢。今有 $n$ 個樣本， $y_i, i = 1, \dots, n$ ，並定義 $S$ 指標如下：

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(y_j - y_i) \quad \text{式 3-5}$$

其中，

$$\operatorname{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1, & \text{if } \theta > 0 \\ 0, & \text{if } \theta = 0 \\ -1, & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad \text{式 3-6}$$

Kendall (1975)推導S指標於隨機條件下之期望值與變異數分別為：

$$E(S) = 0 \quad \text{式 3-7}$$

$$\operatorname{Var}(S) = \frac{1}{18} \{n(n-1)(2n+5)\} \quad \text{式 3-8}$$

並定義統計檢定量Z為：

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad \text{式 3-9}$$

如果 $|Z| > Z_{\alpha/2}$ 則拒絕虛無假設，表示資料在時間上有趨勢存在。其中， $\alpha$ 為顯著水準。若S指標值為正值，則表示資料具有逐漸增加之趨勢；反之，若S指標值為負值，則表示資料具有逐漸減少之趨勢。

## 2. MWP (Mann-Whitney-Pettitt)檢定

MWP檢定法由Pettitt(1979)提出，利用無母數統計方法，檢測連續資料在一段時序列中是否存在顯著差異的改變點。若時間序列之資料長度為 $T$ ，首先假設 $t$ 為時間序列中最可能之變化點，並以 $t$ 點為界，將時間序列資料分為前後兩部分 $\{X_1, \dots, X_t\}$ 與 $\{X_{t+1}, \dots, X_T\}$ ，進而以

式3- 10計算 $t$ 點於時間序列中位於何處時兩資料將會出現最大轉折點，此即為變異點。Pettitt定義之 $U_t$ 指標如下：

$$U_t = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T \text{sgn}(x_i - x_j) \quad \text{式 3- 10}$$

其中令 $(x_i - x_j) = X$

$$\text{sgn}(X) = \begin{cases} 1, & \text{if } X > 0 \\ 0, & \text{if } X = 0 \\ -1, & \text{if } X < 0 \end{cases} \quad \text{式 3- 11}$$

將 $|U_t|$  ( $t = 1, \dots, T$ )描繪出來，若 $|U_t|$ 呈現持續增加的情形，則無顯著變異點，反之， $|U_t|$ 持續增加至某一處開始減少，轉折點即為變異發生位置。然而時間序列中趨勢發生變化可能不只一次，即變異點可能為數個，本研究依據順序統計量(order statistics)之理論，進而引用KS兩樣本檢定，檢定兩樣本累積分布函數之最大差值 $K_T$ 計算之發生機率 $P$ 如式3- 12所示，自時序列資料中找到 $|U_t|$  ( $t = 1, \dots, T$ )之最大值為趨勢變異點之發生機率。呂季蓉(2006)提出當 $t$ 時刻之 $|U_t|$ 值為時間序列中最大值且發生機率大於0.9時，則存在有顯著改變點之現象越加明顯。

$$P = 1 - \exp\left[\frac{-6K_T^2}{T^3 + T^2}\right] \quad \text{式 3- 12}$$

$$K_T = \max |U_t| \quad \text{式 3- 13}$$

### 3. KW (Kruskal-Wallis)檢定

KW檢定又稱為Kruskal-Wallis因子分類變異數分析，由Kruskal與Wallis將Wilcoxon兩樣本檢定法加以推廣所得，此檢定運用於檢測 $k$ 組獨立隨機樣本是否來自同一母體，其虛無假設為各組資料皆來自相同母體；而對立假設為至少有一組資料來自不同母體。藉由前述MWP檢定可求得時間序列中顯著差異之改變點位置，而KW檢定則可進一步檢測改變點前後之兩樣本是否存在顯著差異。其檢定步驟如下(顏月珠，1986)：

- (1) 將 $k$ 組獨立樣本所有觀測值由小至大排列，並分別給予適當等級。此處 $k$ 即為經由MWP檢定法求得之 $t$ 點位置或稱改變點位置，將連續資料分為兩組獨立樣本。
- (2) 求算檢定統計量 $H$ ，如下所示：

A、若樣本中 $n$ 個觀測值均不相等，則 $H$ 為：

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad \text{式 3-14}$$

$$n(n+1) = \sum_{i=1}^k n_i \quad \text{式 3-15}$$

其中 $n_i$ 為各組樣本大小， $R_i$ 為各組樣本的等級和

B、若樣本中存有部份觀測值相等，尤其相同觀測值達25%以上，則 $H$ 須校正為：

$$H = \frac{\frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)}{1 - \frac{\sum_{j=1}^c (t_j^3 - t_j)}{n^3 - n}} \quad \text{式 3-16}$$

其中 $c$ 為相同等級的集合數， $t_j$ 為第 $j$ 個相同等級集合中的觀測值個數。

- (3) 當 $n_i > 5$ 時，H分配近於 $\chi^2$ 分配，故自由度 $\nu = k - 1$ ，且於95%信賴區間時，若式3- 17成立，則拒絕母體相同的虛無假設。

$$H > \chi^2_{(1-\alpha, k-1)} \quad \text{式 3- 17}$$

## (二) 水環境因子趨勢分析結果

本計畫以中部集水區為計畫範圍，表3-4為中部區域內的雨量站概況。針對對雨量站之降雨特性進行趨勢檢定，其中降雨特性包含降雨量、降雨強度和連續不降雨日共計三種特性。其中，為瞭解季節性對於分析結果的影響，本計畫進一步採用不同分時間尺度進行分析，時間尺度包含全年度、豐水期與枯水期。以下針對MK檢定與MWP檢定及KW檢定分析結果進行說明。

**表 3-4 中部區域雨量站概況(1/2)**

流域	站名	站號	主管機關	TM 二度分帶_X	TM 二度分帶_Y	紀錄年限
中港溪	南庄(1)	01E170	經濟部水利署	249207.00	2721351.50	110
	大河	01E380	經濟部水利署	243735.70	2723627.00	30
後龍溪	新店	01E260	經濟部水利署	241557.92	2715948.19	30
	橫龍山	01E030	經濟部水利署	246006.50	2707271.20	85
	紙湖	01E250	經濟部水利署	241560.16	2719640.06	27
大安溪	卓蘭(2)	01E230	經濟部水利署	230211.80	2689025.90	107
	坪林國小	wr1203	經濟部水利署	236630.00	2692431.40	17
	新開國小	wr1202	經濟部水利署	231578.50	2693751.30	17
	松安	01E080	經濟部水利署	247752.50	2699284.40	46
	象鼻(1)	01E060	經濟部水利署	243937.50	2695146.10	59
	雙崎(2)	00F390	經濟部水利署	240045.80	2687606.40	51
	鯉魚潭	wr1201	經濟部水利署	226173.50	2692566.00	17
大甲溪	桃山	41F220	台灣電公司	278737.17	2699361.83	41
	合歡啞口	41T140	台灣電公司	280476.65	2676599.52	52
	松茂	40F170	台灣電公司	277071.53	2686437.26	40

表 3-4 中部區域雨量站概況(2/2)

流域	站名	站號	主管機關	TM 二度分帶_X	TM 二度分帶_Y	紀錄年限
烏溪	凌霄	01H820	經濟部水利署	250395.62	2656755.05	12
	北山(2)	01H680	經濟部水利署	238266.60	2653632.90	41
	惠蓀(2)	00H810	經濟部水利署	252447.50	2665278.10	27
	清流(1)	01H720	經濟部水利署	244431.90	2662574.10	64
濁水溪	卡奈托灣(2)	01H440	經濟部水利署	258508.00	2627420.26	41
	東埔	01H400	經濟部水利署	241857.00	2606707.60	87
	草嶺(2)	01J970	經濟部水利署	218105.80	2609212.50	45
	西巒	01H470	經濟部水利署	240774.89	2623180.07	50
	關門	01H450	經濟部水利署	267433.80	2624888.90	41

(資料來源：經濟部水利署全球資訊網(<http://www.wra.gov.tw/>)。)

### 1、MK檢定分析結果

為瞭解不同時段之歷年資料趨勢，本計畫依據IPCC定義之基期，將資料分為時段一(西元1980至1999年;民國69~88年)與時段二(西元2000年；民國89年之後)，再針對各時段資料進行趨勢分析，而分析項目包含降雨量、降雨強度與連續不降雨日。

中部區域各雨量站之全年度降雨特性趨勢分析結果請參考附錄五，以中港溪南庄(1)測站之全年度降雨特性趨勢分析結果為例，圖3-47至圖3-49分別為全年度雨量趨勢分析圖、全年度降雨強度趨勢分析圖以及全年度連續不降雨日數趨勢分析圖。圖中將兩段分析時間分開呈現，由圖可發現時段一(西元1980至1999年;民國69~88年)測站的全年度降雨特性皆有增加趨勢，而時段二(西元2000年；民國89年之後)測站的全年度降雨特性則具減少趨勢。表3-5為南庄(1)測站趨勢分析結果，表格內呈現的趨勢量皆以10年的時間間距表示，由結果可知南庄(1)測站全年度雨量、全年度降雨強度與全年度連續不降雨日數在時段一分

別為增加157.10 mm/10-year、增加2.03 mm/day/10-year及增加0.41 day/10-year；而時段二則分別為減少601.43 mm/10-year、減少6.31 mm/day/10-year及減少0.04 day/10-year，但仍未通過MK檢定，即時間上之變化趨勢並不明顯。

表3-6為中港河流域全年度降雨特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量有增加也有減少的趨勢，南庄(1)測站增加157.10 mm/10-year，大河測站減少244.76 mm/10-year；流域內測站全年度降雨強度有增加也有減少的趨勢，南庄(1)與大河測站分別為增加2.03 mm/day/10-year與減少1.80 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日則有一致的增加趨勢，南庄(1)與大河測站分別增加0.41與0.53 day/10-year。根據時段二的分析結果指出，流域內測站之全年度降雨特性皆有減少趨勢，南庄(1)與大河測站全年度降雨量分別減少601.43與420.00 mm/10-year；南庄(1)與大河測站全年度降雨強度分別減少6.31與6.42 mm/day/10-year；南庄(1)與大河測站全年度連續不降雨日分別減少0.04與1.11 day/10-year。

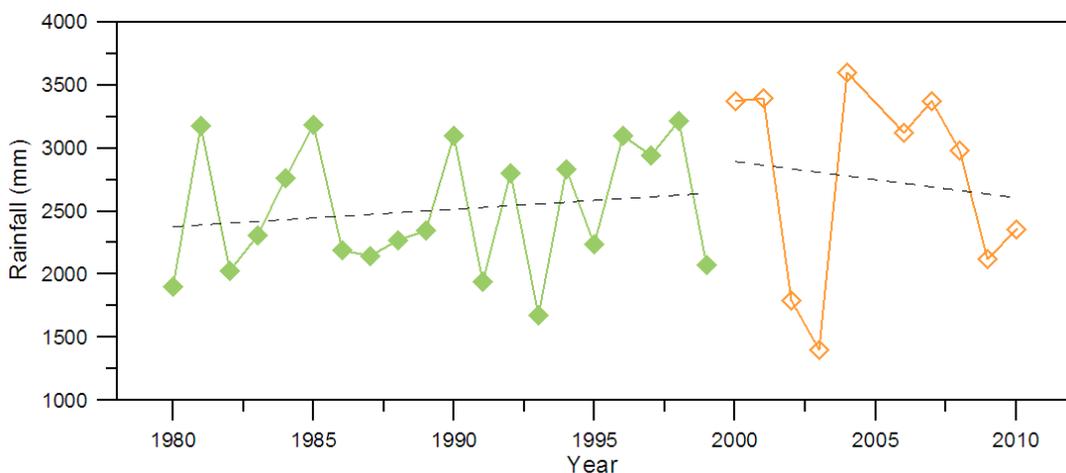


圖3-47 南庄(1)測站全年度雨量趨勢分析結果

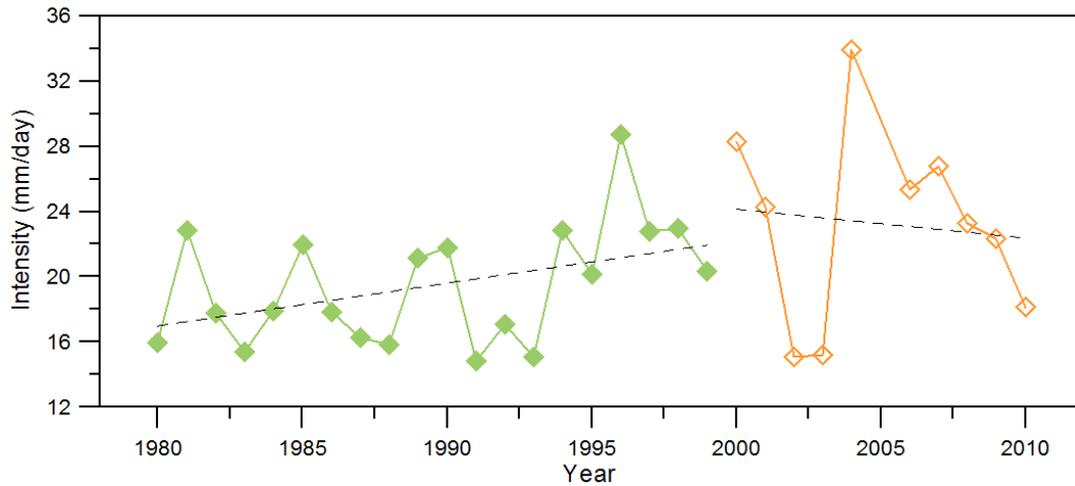


圖3-48 南庄(1)測站全年度降雨強度趨勢分析結果

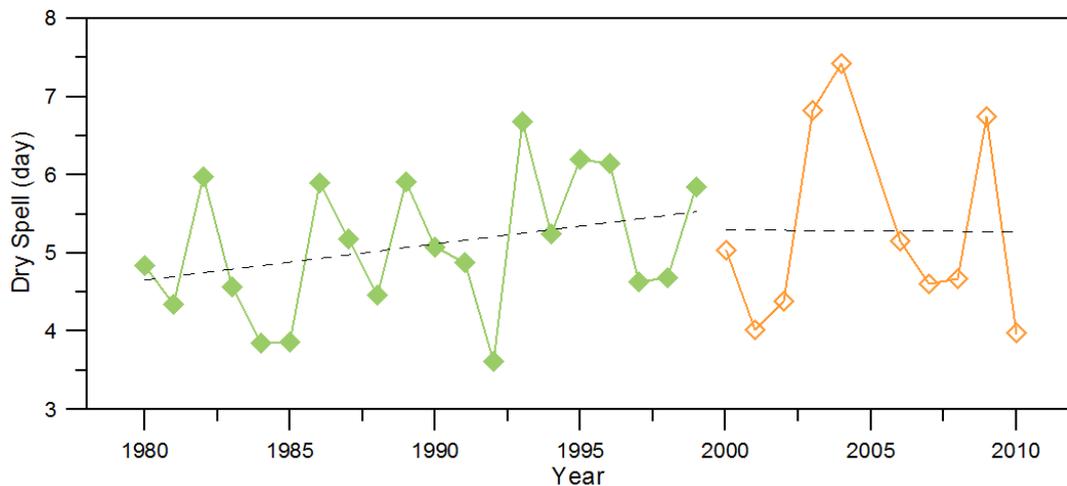


圖3-49 南庄(1)測站全年度連續不降雨日趨勢分析結果

表 3-5 南庄(1)站之全年度降雨特性趨勢分析結果

南庄(1)雨量站					
時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
全年度 降雨量 (mm/10-year )	全年度 降雨強度 (mm/day/10-year )	全年度 連續不降雨 日 (day/10-year)	全年度 降雨量 (mm/10-year )	全年度 降雨強度 (mm/day/10-year )	全年度 連續不降雨 日 (day/10-year)
157.10	2.03	0.41	-601.43	-6.31	-0.04

註：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

**表 3-6 中港河流域之全年度降雨特性趨勢分析結果**

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日	全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日
中港溪	南庄(1)	157.10	2.03	0.41	-601.43	-6.31	-0.04
	大河	-244.76	-1.80	0.53	-420.00	-6.42	-1.11

註 1：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註 2：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註 3：-表示該時段無雨量紀錄

表 3-7 為後龍河流域全年度降雨特性趨勢分析結果，在考慮時段內僅橫龍山測站有雨量紀錄可供分析，故本計畫僅針對橫龍山測站進行討論。根據時段一的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量有減少的趨勢，減少 95.00 mm/10-year；全年度降雨強度亦有減少的趨勢，減少 1.09 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日則為增加趨勢，增加 0.08 day/10-year。根據時段二的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量有增加的趨勢，增加 780.00 mm/10-year；全年度降雨強度亦有增加的趨勢，增加 6.70 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日則為減少趨勢，減少 0.48 day/10-year。

**表 3-7 後龍河流域之全年度降雨特性趨勢分析結果**

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日	全年度 年降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日
後龍溪	新店	-	-	-	-	-	-
	橫龍山	-95.00	-1.09	0.08	780.00	6.70	-0.48
	紙湖	-	-	-	-	-	-

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-8為大安溪流域全年度降雨特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量有增加也有減少的趨勢，增加最多者為鯉魚潭測站，增加673.33 mm/10-year，減少最多者為雙崎(2)測站，減少231.31 mm/10-year；全年度降雨強度亦有增加和減少的趨勢，增加最多者為鯉魚潭測站，增加8.23 mm/day/10-year，減少最多者為新開國小測站，減少3.15 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日亦有增加和減少趨勢，增加最多者為松安測站，增加0.47 day/10-year，減少最多者為新開國小測站，減少3.70 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%。根據時段二的分析結果指出，流域內測站之全年度降雨量皆有增加趨勢，增加最多者為新開國小測站，增加最少者為松安站，僅增加13.33 mm/10-year；全年度降雨強度有增加和減少的趨勢，增加最多測站為卓蘭(2)，增加10.37 mm/day/10-year，減少最多者為坪林國小測站，減少26.58 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日則全有減少趨勢，減少最多為坪林國小測站，減少3.471 day/10-year，減少最少者為象鼻(1)測站，減少0.38 day/10-year。

表 3-8 大安河流域之全年度降雨特性趨勢分析結果

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日	全年度 年降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日
大安溪	卓蘭(2)	96.00	0.65	0.15	1208.75	10.37	-1.57
	坪林國小	233.33	7.00	-0.20	870.00	-26.58	-3.47
	新開國小	467.50	-3.15	-3.70*	1322.50	8.96	-1.30
	松安	-159.25	-0.27	0.47	13.33	1.40	-1.01
	象鼻(1)	-220.18	-1.33	-0.01	256.11	4.75	-0.38
	雙崎(2)	-231.31	-0.75	0.46	282.22	1.89	-0.70
	鯉魚潭	673.33	8.23	-2.83	740.00	-4.80	-2.43

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-9為大甲溪流域全年度降雨特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量皆有減少的趨勢，減少最多者為桃山測站，減少163.82 mm/10-year，減少最少者為松茂站，僅減少0.78 mm/10-year；全年度降雨強度有增加和減少的趨勢，增加最多者為松茂站，增加1.13 mm/day/10-year，增加最少者為桃山站，減少1.31 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日亦有增加和減少的趨勢，增加最多者為松茂站，增加0.56 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%，減少最多者為桃山站，減少0.19 day/10-year。根據時段二的分析結果指出，流域內測站之全年度降雨量有增加和減少的趨勢，增加最多者為松茂站，增加731.43 mm/10-year，減少最多者為合歡啞口，減少1844.29 mm/10-year；全年度降雨強度亦有增加和減少的趨勢，增加最多者為桃山站，增加7.00 mm/day/10-year，減少最多者為合歡啞口，減少4.40 mm/day/10-year；全年度連續不

降雨日則有一致的增加趨勢，增加最多者為合歡啞口，增加0.94 day/10-year，增加最少者為桃山站，增加0.61 day/10-year。

**表 3-9 大甲河流域之全年度降雨特性趨勢分析結果**

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日	全年度 年降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日
大甲溪	桃山	-163.82	-1.31	-0.19	418.33	7.00	0.61
	合歡啞口	-13.33	-1.03	-0.14	-1844.29	-4.40	0.94
	松茂	-0.78	1.13	0.56*	731.43	6.20	0.80

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-10為烏河流域降雨全年度特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量有增加和減少的趨勢，增加最多者為北山(2)測站，增加60.55 mm/10-year，減少最多者為凌霄測站，減少576.33 mm/10-year；全年度降雨強度亦有增加和減少的趨勢，增加最多者為北山(2)測站，增加1.33 mm/day/10-year，減少最多者為清流(1)測站，減少1.58 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日有增加和減少的趨勢，增加最多者為北山(2)測站，增加0.74 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%，減少最多者為凌霄測站，減少0.60 day/10-year。根據時段二的分析結果指出，流域內測站之全年度降雨量皆有增加的趨勢，增加最多者為北山(2)測站，增加920.00 mm/10-year，增加最少者為惠蓀(2)測站，增加90.00 mm/10-year；全年度降雨強度則有增加和

減少的趨勢，增加最多者為北山(2)測站，增加3.47 mm/day/10-year，減少最多者為清流(1)測站，減少0.33 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日則有一致的減少趨勢，減少最多者為清流(1)，減少2.41 day/10-year，減少最少者為惠蓀(2)測站，減少0.65 day/10-year。

**表 3-10 烏溪流域之全年度降雨特性趨勢分析結果**

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日	全年度 年降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日
烏溪	凌霄	-576.33	-1.13	-0.60	-	-	-
	北山(2)	60.55	1.33	0.74*	920.00	3.47	-1.28
	惠蓀(2)	-6.77	0.66	-0.10	90.00	-0.30	-0.65
	清流(1)	-211.25	-1.58	-0.22	441.25	-0.33	-2.41

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-11為濁水流域全年度降雨特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，流域內測站全年度降雨量有增加和減少的趨勢，增加最多者為東埔測站，增加229.82 mm/10-year，而減少最多者為關門測站，減少89.54 mm/10-year；全年度降雨強度亦有增加和減少的趨勢，增加最多者為草嶺(2)測站，增加3.03 mm/day/10-year，而關門測站則減少最多，減少0.11 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日有增加和減少的趨勢，增加最多者為西巒測站，增加0.58 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%，而減少最多者為東埔測站，減少0.24 day/10-year。根據時段二的分析結果指出，流域內測站之

全年度降雨量有增加和減少的趨勢，增加最多者為草嶺(2)測站，增加832.88 mm/10-year，而減少最多者為關門測站，減少3143.33 mm/10-year；全年度降雨強度亦有增加和減少的趨勢，增加最多者為卡奈托灣(2)測站，增加8.10 mm/day/10-year，而減少最多者為關門測站，減少4.23 mm/day/10-year；全年度連續不降雨日有增加和減少的趨勢，增加最多者為卡奈托灣(2)，增加3.25 day/10-year，而減少最多者為西巒測站，減少0.86 day/10-year。

**表 3-11 濁水河流域之全年度降雨特性趨勢分析結果**

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		全年度 降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日	全年度 年降雨量	全年度 降雨強度	全年度 連續不降雨日
濁水溪	卡奈托灣(2)	-0.68	0.54	0.06	213.33	8.10	3.25
	東埔	229.82	1.70	-0.24	362.78	1.89	-0.85
	草嶺(2)	186.33	3.03	0.45	832.88	7.18	-0.81
	西巒	-59.81	1.62	0.58*	137.86	0.54	-0.86
	關門	-89.54	-0.11	0.21	-3,143.33	-4.23	3.23

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-12為中部流域之豐水期降雨特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，中部大多數測站之豐水期降雨量有增加趨勢，增加最多者為大甲流域的合歡啞口測站，增加328.33 mm/10-year，而中部區域僅6個測站有減少趨勢；中部測站之豐水期降雨強度有增加和減少的趨勢，測站間並無一致的變化，增加最多者為南庄(1)測站，增加2.23 mm/day/10-year，而新開國小測站則減少最多，減少12.60 mm/day/10-year；中部大多數測站之豐水期連續

不降雨日有減少的趨勢，減少最多者為新開國小測站，減少7.50 day/10-year，但北山(2)測站則有增加的趨勢，增加0.62 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%。根據時段二的分析結果指出，中部大多數測站之枯水期降雨量有增加的趨勢，增加最多者為新開國小測站，增加1384.17 mm/10-year；中部大多數測站之豐水期降雨強度亦有增加的趨勢，增加最多者為卓蘭(2)測站，增加18.32 mm/day/10-year，而中部區域僅2個測站有減少趨勢，分別為中港溪流域的南庄(1)與大河測站；中部測站之豐水期連續不降雨日有增加和減少的趨勢，增加最多者為關門測站，增加4.68 day/10-year，而減少最多者為坪林國小測站，減少2.45 day/10-year。

表 3-12 中部流域之豐水期降雨特性趨勢分析結果

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		豐水期 降雨量	豐水期 降雨強度	豐水期 連續不降雨日	豐水期 降雨量	豐水期 降雨強度	豐水期 連續不降雨日
中港溪	南庄(1)	260.25	2.23	0.04	-252.5	-1.72	0.47
	大河	22.5	-2.30	0.15	-164	-2.13	0.35
後龍溪	新店	-	-	-	-	-	-
	橫龍山	59.5	-1.29	-0.46	727.14	14.48	0.22
	紙湖	-	-	-	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	154.52	0.83	-0.40	1,046.67	18.32	-0.75
	坪林國小	355	-5.57	-1.80	581.67	4.10	-2.45
	新開國小	170	-12.60	-7.50	1,384.17	15.66	0.10
	松安	117.60	1.28	0.08	101.43	8.01	-0.75
	象鼻(1)	-62.12	-1.11	-0.06	394.5	3.24	0.95
	雙崎(2)	-30.88	-2.00	-0.03	625	8.04	0.87
	鯉魚潭	850	-3.20	-3.75	472.5	5.70	-1.00
大甲溪	桃山	-20	-1.42	-0.55	1,382.5	15.46	0.79
	合歡啞口	328.33	0.75	-0.51	677.5	10.92	0.24
	松茂	175.29	1.20	-0.07	751.43	17.04	1.00
烏溪	凌霄	-176.8	-0.31	0.03	-	-	-
	北山(2)	60.67	1.29	0.62*	1075	5.52	0.40
	惠蓀(2)	71.28	0.69	-0.34	347.14	3.86	-0.08
	清流(1)	-9.83	-2.28	-0.30	465	2.71	-1.10
濁水溪	卡奈托灣(2)	48.59	0.61	-0.13	-300.83	9.70	3.95
	東埔	201.42	1.71	-0.27	551.25	3.16	-0.69
	草嶺(2)	136.47	1.92	-0.22	532.13	11.83	-0.36
	西巒	55.30	0.70	0.00	183.5	2.36	-0.02
	關門	-53.54	-0.33	-0.51	-2,233.33	4.24	4.68

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-13為中部流域之枯水期降雨特性趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，中部大多數測站之枯水期降雨量有減少趨勢，減少最多者為大安溪流域的新開國小測站，減少230.00 mm/10-year。其中，中港溪流域的大河測站降雨量有減少趨勢，減少150.75 mm/10-year，並於MK

檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%；中部測站之枯水期降雨強度有增加和減少的趨勢，測站間並無一致的變化，增加最多者為坪林國小測站，增加12.30 mm/day/10-year，而凌霄測站則減少最多，減少2.61 mm/day/10-year；中部大多數測站之枯水期連續不降雨日有增加的趨勢，增加最多者為鯉魚潭測站，增加5.00 day/10-year，僅3個測站有減少趨勢，分別為大安溪流域的坪林國小與新開國小測站以及濁水溪流域的東埔測站。其中，中港溪流域的大河測站增加趨勢為1.07 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%。而中部區域根據時段二的分析結果指出，中部大多數測站之枯水期降雨量有增加和減少的趨勢，測站間並無一致的變化，增加最多者為坪林國小測站，增加462.50 mm/10-year，而減少最多者為關門測站，減少1665.00 mm/10-year；中部大多數測站之枯水期降雨強度則有減少的趨勢，減少最多者為坪林國小測站，減少28.60 mm/day/10-year，僅2個測站有增加趨勢，分別為大安溪流域的卓蘭(2)測站以及濁水溪流域的卡奈托灣(2)測站；中部大多數測站之枯水期連續不降雨日有減少的趨勢，減少最多者為鯉魚潭測站，減少10.10 day/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%。

表 3-13 中部區域各流域之枯水期降雨特性趨勢分析結果

流域	站名	時段一 (西元 1980 至 1999 年)			時段二 (西元 2000 年之後)		
		枯水期 降雨量	枯水期 降雨強度	枯水期 連續不降雨日	枯水期 降雨量	枯水期 降雨強度	枯水期 連續不降雨日
中港溪	南庄(1)	-61.44	0.85	0.71	20.00	-1.82	-0.52
	大河	-150.75*	-1.94	1.07*	-83.33	-2.61	-1.40
後龍溪	新店	-	-	-	-	-	-
	橫龍山	-102.90	-1.27	0.90	110.00	-4.45	-1.68
	紙湖	-	-	-	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	-47.56	-0.72	0.52	87.78	0.40	-2.94
	坪林國小	70.00	12.30	-1.88	462.50	-28.60	-1.38
	新開國小	-230.00	1.70	-1.83	-52.00	-5.82	-4.20
	松安	-125.00	-0.40	0.80	254.00	-0.54	-1.63
	象鼻(1)	-80.00	-0.30	0.56	78.00	-1.35	-2.33
	雙崎(2)	-101.00	-0.29	1.04	-65.00	-2.80	-3.12*
	鯉魚潭	-205.00	2.90	5.00	267.50	-13.92	-10.10*
大甲溪	桃山	-53.00	-0.83	0.33	-80.00	-1.65	0.33
	合歡啞口	-143.57	-2.26	0.14	153.00	-1.40	1.40
	松茂	-98.33	-0.60	1.12*	146.00	-1.92	1.32
烏溪	凌霄	-163.40	-2.61	1.03	-	-	-
	北山(2)	-83.11	-0.31	0.96	-8.00	-0.86	-3.15
	惠蓀(2)	-9.02	-0.60	0.98	-55.00	-4.74	-1.81
	清流(1)	-25.56	-0.50	0.27	36.67	-2.78	-4.07*
濁水溪	卡奈托灣(2)	-24.38	0.02	0.09	-448.75	0.45	6.01
	東埔	38.08	1.34	-0.48	-29.22	-2.34	-1.62
	草嶺(2)	-33.61	1.37	1.39*	88.17	-0.32	-1.95
	西巒	-9.64	1.83	1.37*	-20.00	-1.56	-1.92*
	關門	-10.50	0.33	1.19	-1,665.00	-21.77	-3.78

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：降雨量趨勢單位為 mm/10-year；降雨強度趨勢單位為 mm/day/10-year；連續不降雨日趨勢單位為 day/10-year

註<sup>3</sup>：-表示該時段無雨量紀錄

表3-14為中部區域溫度趨勢分析結果，根據時段一的分析結果指出，中部氣象站之全年度平均溫度有增加趨勢，增加最多者為梧棲測站，增加0.43 °C/10-year，並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%；中部氣象站之豐水期平均溫度有增加和減少的趨勢，氣象站間並無一致的變化，增加最多者為梧棲氣象站，增加0.22 °C/10-year，而減少最多者為日月潭氣象站，減少0.31 °C/10-year；中部氣象站之枯水期平均溫度均有增加趨勢，增加最多者為梧棲氣象站，增加0.75 °C/10-year。其中，阿里山、梧棲及新竹氣象站於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%。而中部區域根據時段二的分析結果指出，中部大多數氣象站之全年度平均溫度有增加趨勢，增加最多者為阿里山氣象站，增加0.51 °C/10-year，而減少最多者為玉山氣象站，減少0.74 °C/10-year；中部氣象站之豐水期平均溫度有增加和減少的趨勢，氣象站間並無一致的變化，增加最多者為阿里山氣象站，增加0.63 °C/10-year。其中，日月潭氣象站增加量為0.61 °C/10-year並於MK檢定中拒絕虛無假設，其顯著水準達95%。而減少最多者為玉山氣象站，減少0.57 °C/10-year；中部氣象站之枯水期平均溫度有增加和減少的趨勢，氣象站間並無一致的變化，增加最多者為阿里山氣象站，增加0.44 °C/10-year。而減少最多者為玉山氣象站，減少0.73 °C/10-year。

表 3-14 中部區域溫度趨勢分析結果

站名	時段一			時段二		
	全年度	豐水期	枯水期	全年度	豐水期	枯水期
日月潭	0.00	-0.31	0.27	0.31	0.61*	-0.01
玉山	0.16	-0.02	0.24	-0.74	-0.57	-0.73
阿里山	0.20	0.07	0.39*	0.51	0.63	0.44
梧棲	0.43*	0.22	0.75*	0.03	-0.24	0.38
新竹	0.13	-0.18	0.58*	0.22	0.56	-0.22

註<sup>1</sup>：\*表示 MK 檢定拒絕虛無假設，其顯著水準達 95%

註<sup>2</sup>：溫度趨勢單位為 °C/10-year

## 2、MWP檢定與KW檢定分析結果

本計畫針對範圍內集水區進行變異點分析，其流程可參考圖3-50，變異分析主要目的在於檢測集水區內雨量站資料的變異點，並分析變異點前後兩段時間內的資料是否具有不同的統計特性。其中，變異點分析項目包含降雨量、降雨強度和連續不降雨日數。

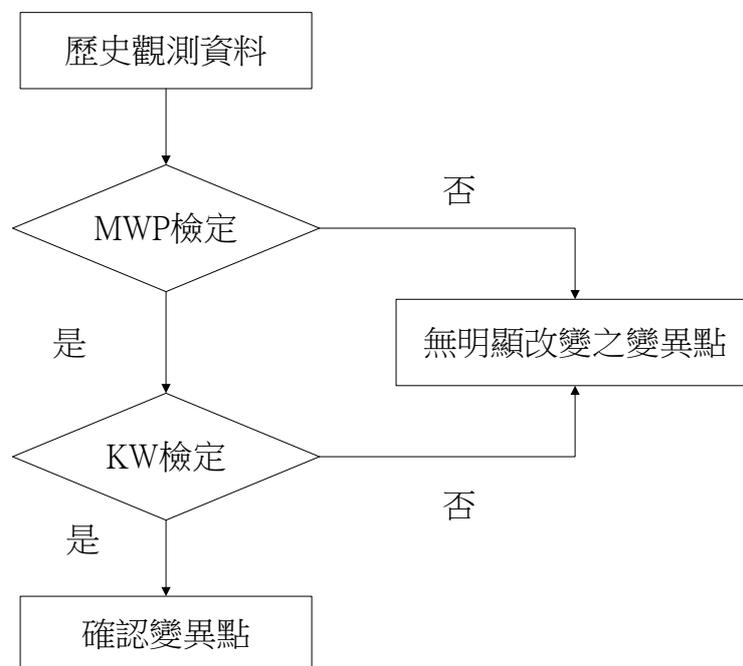


圖3-50 中部區域水文氣象站變異點分析流程

表3-15為中部區域集水區之全年度降雨量變異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之全年度降雨量資料皆無顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)。進一步檢視各流域雨量站最大變異點年份，結果發現南庄(1)、橫龍山、象鼻(1)、東埔及西巒測站MWP統計量皆大於0.8，相較於其餘測站的檢定結果，這些測站的變異程度較大。但依據本計畫變異點分析流程，若測站MWP檢定結果為無顯著變異發生，則不再進行KW檢定。

**表 3-15 中部區域集水區之全年度降雨量變異點分析結果(1/2)**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1943	0.851	0.95	否	-	-	-
	大河	1985	0.782	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1967	0.413	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	2003	0.849	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1967	0.424	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1967	0.783	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.478	0.95	否	-	-	-
	新開國小	2003	0.707	0.95	否	-	-	-
	松安	2003	0.374	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1967	0.87	0.95	否	-	-	-
	雙崎(2)	2003	0.645	0.95	否	-	-	-
大甲溪	鯉魚潭	2003	0.56	0.95	否	-	-	-
	桃山	1990	0.568	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	2000	0.29	0.95	否	-	-	-
烏溪	松茂	1982	0.549	0.95	否	-	-	-
	凌霄	1990	0.555	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	2003	0.566	0.95	否	-	-	-
	惠蓀(2)	2003	0.434	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	1971	0.664	0.95	否	-	-	-

**表 3-15 中部區域集水區之全年度降雨量變異點分析結果(2/2)**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
濁水溪	卡奈托灣(2)	1987	0.155	0.95	否	-	-	-
	東埔	2003	0.886	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	2003	0.791	0.95	否	-	-	-
	西巒	1973	0.873	0.95	否	-	-	-
	關門	2001	0.344	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：年降雨量單位為 mm

表3-16為中部區域集水區之全年度降雨強度變異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之全年度降雨強度資料有4個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為橫龍山、象鼻(1)、松茂及西巒測站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果指出橫龍山測站變異點發生在西元1978年，且降雨強度在變異點前後具有不同的統計特性；象鼻(1)測站變異點則發生在西元1980年，其變異點前後的統計特性亦有顯著差異；松茂及西巒測站的變異點則分別發生在西元1988及1984年，且KW檢定結果亦指出變異點前後資料有顯著差異。

表 3-16 中部區域集水區之全年度降雨強度變異點分析結果

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1993	0.904	0.95	否	-	-	-
	大河	1986	0.382	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1972	0.446	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1978	0.967	0.95	是	6.881	3.841	是
	紙湖	1956	0.384	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1977	0.741	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2001	0.392	0.95	否	-	-	-
	新開國小	2003	0.637	0.95	否	-	-	-
	松安	2003	0.743	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1980	0.996	0.95	是	11.297	3.841	是
	雙崎(2)	1973	0.932	0.95	否	-	-	-
	鯉魚潭	2001	0.707	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	2003	0.646	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1987	0.731	0.95	否	-	-	-
	松茂	1988	0.961	0.95	是	6.497	3.841	是
烏溪	凌霄	1990	0.653	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	2003	0.925	0.95	否	-	-	-
	惠蓀(2)	2003	0.7	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	1960	0.507	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1993	0.478	0.95	否	-	-	-
	東埔	1984	0.928	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	1986	0.931	0.95	否	-	-	-
	西巒	1984	0.999	0.95	是	13.455	3.841	是
	關門	1977	0.469	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：降雨強度單位為 mm/day

表3-17為中部區域集水區之全年度連續不降雨日異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之全年度連續不降雨日資料有7個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為象鼻(1)、雙崎(2)、松茂、北山(2)、卡奈托灣(2)、草嶺(2)及西巒測站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果均指出這7個測站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性。變異點分析結果指出，中區流域三種降雨特性之中，較多測站的連續不降雨日數均有顯著差異。其中，有顯著變異測站之變異點約分布於西元1985至1988年之間。

表3-18為中部區域集水區之豐水期降雨量變異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之豐水期降雨量資料皆無顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)。進一步檢視各流域雨量站最大變異點年份，結果發現南庄(1)、新店、東埔及草嶺(2)測站MWP統計量皆大於0.8，相較於其餘測站的檢定結果，這些測站的變異程度較大。但依據本計畫變異點分析流程，若測站MWP檢定結果為無顯著變異發生，則不再進行KW檢定。

**表 3-17 中部區域集水區之全年度連續不降雨日變異點分析結果**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1928	0.568	0.95	否	-	-	-
	大河	1985	0.645	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1972	0.558	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1979	0.943	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1965	0.424	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1913	0.854	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.56	0.95	否	-	-	-
	新開國小	1996	0.768	0.95	否	-	-	-
	松安	1998	0.792	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1985	0.993	0.95	是	10.109	3.841	是
	雙崎(2)	1985	1	0.95	是	16.457	3.841	是
	鯉魚潭	2003	0.478	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1975	0.754	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1988	0.715	0.95	否	-	-	-
	松茂	1988	0.978	0.95	是	7.704	3.841	是
烏溪	凌霄	1985	0.653	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	1986	0.999	0.95	是	13.777	3.841	是
	惠蓀(2)	2004	0.8	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	2004	0.687	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1985	0.965	0.95	是	7	3.841	是
	東埔	1927	0.426	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	1988	0.973	0.95	是	7.24	3.841	是
	西巒	1985	1	0.95	是	15.619	3.841	是
	關門	1992	0.694	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：連續不降雨日單位為 day

表 3-18 中部區域集水區之豐水期降雨量變異點分析結果

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1943	0.944	0.95	否	-	-	-
	大河	1993	0.395	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1967	0.836	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	2003	0.746	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1956	0.424	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1962	0.705	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.392	0.95	否	-	-	-
	新開國小	2003	0.637	0.95	否	-	-	-
	松安	2003	0.568	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1968	0.712	0.95	否	-	-	-
	雙崎(2)	1981	0.739	0.95	否	-	-	-
	鯉魚潭	1996	0.519	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1982	0.506	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1977	0.259	0.95	否	-	-	-
	松茂	2003	0.461	0.95	否	-	-	-
烏溪	凌霄	1993	0.338	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	2003	0.55	0.95	否	-	-	-
	惠蓀(2)	2003	0.576	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	2003	0.419	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1981	0.478	0.95	否	-	-	-
	東埔	1993	0.886	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	2003	0.838	0.95	否	-	-	-
	西巒	2004	0.765	0.95	否	-	-	-
	關門	1987	0.372	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：年降雨量單位為 mm

表3-19為中部區域集水區之豐水期降雨強度變異點分析成果，MWP檢定結果指出豐水期降雨強度資料有2個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為象鼻(1)及西巒測站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果指出：象鼻

(1)站變異點則發生在西元1980年，其變異點前後的統計特性亦有顯著差異；西巒測站的變異點則發生在西元1993年，且KW檢定結果亦指出變異點前後資料有顯著差異。

**表 3-19 中部區域集水區之豐水期降雨強度變異點分析結果**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1993	0.78	0.95	否	-	-	-
	大河	1997	0.291	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1968	0.38	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	2003	0.89	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1972	0.286	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1977	0.598	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	1993	0.15	0.95	否	-	-	-
	新開國小	1997	0.637	0.95	否	-	-	-
	松安	2003	0.792	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1980	0.97	0.95	是	6.998	3.841	是
	雙崎(2)	2003	0.816	0.95	否	-	-	-
	鯉魚潭	1998	0.707	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	2003	0.664	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1977	0.538	0.95	否	-	-	-
	松茂	1988	0.892	0.95	否	-	-	-
烏溪	凌霄	1990	0.555	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	2003	0.878	0.95	否	-	-	-
	惠蓀(2)	2003	0.773	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	2003	0.507	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1993	0.353	0.95	否	-	-	-
	東埔	1984	0.916	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	2003	0.838	0.95	否	-	-	-
	西巒	1993	0.987	0.95	是	9.274	3.841	是
	關門	1984	0.524	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95% 註<sup>2</sup>：降雨強度單位為 mm/day

表3-20為中部區域集水區之豐水期連續不降雨日異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之豐水期連續

不降雨日資料有4個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為雙崎(2)、松茂、北山(2)及草嶺(2)測站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果均指出這4個測站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性。變異點分析結果指出，中區流域三種降雨特性之中，較多測站的連續不降雨日數具有顯著差異。其中，有顯著變異測站之變異點約分布於西元1978至1987年之間。

**表 3-20 中部區域集水區之豐水期連續不降雨日變異點分析結果 (1/2)**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1955	0.715	0.95	否	-	-	-
	大河	1987	0.291	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1954	0.735	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1978	0.823	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1974	0.696	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1921	0.756	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.392	0.95	否	-	-	-
	新開國小	1997	0.637	0.95	否	-	-	-
	松安	2002	0.698	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1987	0.878	0.95	否	-	-	-
	雙崎(2)	1987	0.97	0.95	是	7.166	3.841	是
	鯉魚潭	1995	0.56	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1976	0.815	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1972	0.761	0.95	否	-	-	-
	松茂	1988	0.95	0.95	是	6.025	3.841	是

表 3-21 中部區域集水區之豐水期連續不降雨日變異點分析結果  
(2/2)

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
烏溪	凌霄	1985	0.448	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	1985	1	0.95	是	17.885	3.841	是
	惠蓀(2)	1995	0.93	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	1964	0.624	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1978	0.764	0.95	否	-	-	-
	東埔	1976	0.652	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	1978	0.965	0.95	是	8.15	3.841	是
	西巒	1976	0.925	0.95	否	-	-	-
	關門	1976	0.497	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：連續不降雨日單位為 day

表3-22為中部區域集水區之枯水期降雨量變異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之枯水期降雨量資料有3個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為雙崎(2)、清流(1)及西巒測站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果指出雙崎(2)測站變異點發生在西元1977年，且降雨量在變異點前後具有不同的統計特性；清流(1)測站變異點則發生在1981年，其變異點前後的統計特性亦有顯著差異；西巒測站的變異點則分別發生在西元1981年，且KW檢定結果亦指出變異點前後資料有顯著差異。

表 3-22 中部區域集水區之枯水期雨量變異點分析結果

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1977	0.647	0.95	否	-	-	-
	大河	1990	0.916	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1962	0.819	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1977	0.815	0.95	否	-	-	-
	紙湖	1967	0.578	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1941	0.664	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.392	0.95	否	-	-	-
	新開國小	2003	0.392	0.95	否	-	-	-
	松安	1977	0.758	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1977	0.917	0.95	否	-	-	-
	雙崎(2)	1977	0.977	0.95	是	8.073	3.841	是
	鯉魚潭	2003	0.392	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1981	0.664	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	2000	0.646	0.95	否	-	-	-
	松茂	2000	0.755	0.95	否	-	-	-
烏溪	凌霄	1990	0.738	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	1982	0.885	0.95	否	-	-	-
	惠蓀(2)	1998	0.677	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	1981	0.982	0.95	是	8.02	3.841	是
濁水溪	卡奈托灣(2)	1974	0.503	0.95	否	-	-	-
	東埔	1954	0.921	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	1982	0.879	0.95	否	-	-	-
	西巒	1981	0.99	0.95	是	9.8	3.841	是
	關門	1981	0.694	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：年降雨量單位為 mm

表3-23為中部區域集水區之枯水期降雨強度變異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之枯水期降雨強度資料有8個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為橫龍山、象鼻(1)、雙崎(2)、松茂、北山(2)、東埔、草嶺(2)及西巒測站。針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同

的統計特性，檢定結果均指出這7個測站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性。其中，有顯著變異測站之變異點約分布於1980年左右，僅濁水河流域的東埔測站之變異點較早，發生於西元1955年。

**表 3-23 中部區域集水區之枯水期降雨強度變異點分析結果**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1984	0.778	0.95	否	-	-	-
	大河	1990	0.718	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1962	0.943	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1978	0.995	0.95	是	10.673	3.841	是
	紙湖	1971	0.874	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1948	0.932	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2001	0.56	0.95	否	-	-	-
	新開國小	2003	0.392	0.95	否	-	-	-
	松安	1981	0.525	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1981	0.999	0.95	是	14.457	3.841	是
	雙崎(2)	1981	1	0.95	是	18.159	3.841	是
	鯉魚潭	1996	0.637	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1980	0.815	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	2000	0.731	0.95	否	-	-	-
	松茂	1980	0.963	0.95	是	8.758	3.841	是
烏溪	凌霄	1990	0.448	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	1982	0.99	0.95	是	10.7	3.841	是
	惠蓀(2)	2001	0.52	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	1962	0.935	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1981	0.662	0.95	否	-	-	-
	東埔	1955	0.984	0.95	是	11.387	3.841	是
	草嶺(2)	1982	0.998	0.95	是	13.42	3.841	是
	西巒	1982	1	0.95	是	19.415	3.841	是
	關門	1981	0.888	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：降雨強度單位為 mm/day

表3-24為中部區域集水區之連續不降雨日異點分析成果，MWP檢定結果指出中區雨量站之降雨強度資料有7個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為橫龍山、象鼻(1)、雙崎(2)、松茂、卡奈托灣(2)、草嶺(2)及西巒測站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果均指出這7個測站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性。變異點分析結果指出，中區流域三種降雨特性之中，較多測站的連續不降雨日數均有顯著差異。其中，有顯著變異測站之變異點約分布於西元1980至西元1986年之間。

**表 3-24 中部區域集水區之枯水期連續不降雨日變異點分析結果 (1/2)**

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
中港溪	南庄(1)	1927	0.947	0.95	否	-	-	-
	大河	1992	0.924	0.95	否	-	-	-
後龍溪	新店	1959	0.511	0.95	否	-	-	-
	橫龍山	1985	0.98	0.95	是	8.424	3.841	是
	紙湖	1969	0.345	0.95	否	-	-	-
大安溪	卓蘭(2)	1913	0.828	0.95	否	-	-	-
	坪林國小	2003	0.306	0.95	否	-	-	-
	新開國小	1998	0.707	0.95	否	-	-	-
	松安	1998	0.649	0.95	否	-	-	-
	象鼻(1)	1980	0.991	0.95	是	9.445	3.841	是
	雙崎(2)	1985	0.998	0.95	是	12.221	3.841	是
	鯉魚潭	1998	0.56	0.95	否	-	-	-
大甲溪	桃山	1983	0.754	0.95	否	-	-	-
	合歡啞口	1977	0.588	0.95	否	-	-	-
	松茂	1985	0.963	0.95	是	7.006	3.841	是

表 3-23 中部區域集水區之枯水期連續不降雨日變異點分析結果  
(2/2)

流域	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
烏溪	凌霄	1985	0.338	0.95	否	-	-	-
	北山(2)	1994	0.938	0.95	否	-	-	-
	惠蓀(2)	2004	0.628	0.95	否	-	-	-
	清流(1)	2004	0.668	0.95	否	-	-	-
濁水溪	卡奈托灣(2)	1983	0.967	0.95	是	7.682	3.841	是
	東埔	2004	0.51	0.95	否	-	-	-
	草嶺(2)	1986	0.958	0.95	是	6.428	3.841	是
	西巒	1985	1	0.95	是	23.544	3.841	是
	關門	1992	0.888	0.95	否	-	-	-

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：連續不降雨日單位為 day

表3-25為中部區域氣象站之異點分析成果，MWP檢定結果指出中區氣象站之全年度平均氣溫資料皆有檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為日月潭、玉山、阿里山、梧棲及新竹氣象站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果均指出全部氣象站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性，即氣象站溫度在變異點之後均有增加的情況。MWP檢定結果指出中區氣象站之豐水期平均溫度資料有3個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，分別為日月潭、玉山及阿里山氣象站。依據本計畫變異點分析流程，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果均指出這3個測站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性。

MWP檢定結果指出中區氣象站之枯水期平均溫度資料有4個測站檢測到顯著變異點發生(以95%顯著水準進行檢定)，針對這些具有顯著變異的測站進行KW檢定以確認變異點前後兩段資料具有不同的統計特性，檢定結果均指出這4個測站在變異點前後均具有顯著不同的統計特性。

本計畫為驗證分析成果之正確性，引用李清騰(2008)針對台灣長期氣象資料之分析結果，其結果亦指出台中測站之最高/最低溫度皆有明顯增加趨勢，與本計畫檢定結果一致。

**表 3-25 中部區域氣象站之變異點分析結果**

時間尺度	站名	MWP 檢定				KW 檢定		
		變異點 (西元)	統計量	檢定值	顯著與否	統計量	檢定值	顯著與否
全年度	日月潭	1966	0.978	0.95	是	9.278	3.841	是
	玉山	1985	1	0.95	是	18.445	3.841	是
	阿里山	1979	1	0.95	是	20.014	3.841	是
	梧棲	1989	0.998	0.95	是	13.271	3.841	是
	新竹	1997	1	0.95	是	16.373	3.841	是
豐水期	日月潭	1964	0.973	0.95	是	9.494	3.841	是
	玉山	1976	1	0.95	是	26.698	3.841	是
	阿里山	1979	1	0.95	是	23.269	3.841	是
	梧棲	1992	0.945	0.95	否	-	-	-
	新竹	1997	0.912	0.95	否	-	-	-
枯水期	日月潭	1966	0.945	0.95	否	-	-	-
	玉山	1985	0.971	0.95	是	7.386	3.841	是
	阿里山	1986	1	0.95	是	19.438	3.841	是
	梧棲	1989	0.995	0.95	是	10.907	3.841	是
	新竹	1996	0.997	0.95	是	12.002	3.841	是

註<sup>1</sup>：若 MWP 與 MK 檢定拒絕虛無假設，顯著水準為 95%

註<sup>2</sup>：溫度單位為 °C

### 三、可運用水源分析

#### (一)地表水可運用水源分析

本計畫以兩種方式評估地表水可運用水源量。第一種方式為評估地表水公共供水潛能量，即在不考量供水系統的限制下，以地表水天然入流量扣除下游農業保留水量與生態基流量做為該河系之公共用水的最大開發潛能量。第二種方式為考量供水系統限制、下游農業保留水量及生態基流量之條件下，以缺水指數SI符合某一標準下，推估供水系統之供水能力。以下針對上述兩種評估方式進行說明。

##### 1、地表水公共供水潛能量

本計畫分析中港溪、後龍溪、大甲溪、大安溪及濁水溪等五大河系公共供水潛能量，各河系控制點流量推估式詳見表2-2，本計畫統計民國70年至99年之流量資料，各河系年平均逕流量、生態基流量及農業用水保留量詳見表3-26。各河系地表水公共供水潛能量由逕流量扣除下游農業保留水量與生態基流量估算，大甲溪公共供水潛能量為每年8.59億噸；大安溪公共供水潛能量為每年5.97億噸；後龍溪公共供水潛能量為每年7.78億噸；中港溪公共供水潛能量為每年8.76億噸；濁水溪公共供水潛能量為每年3.12億噸；烏溪公共供水潛能量為每年31.18億噸；地表水公共供水潛能量分析結果整理如圖3-51所示。

表 3-26 中部區域公共供水潛能量推估表

(單位：萬立方公尺/年)

	年逕流量	農業保留水量	生態基流量	地表水公共供水潛能量
大甲溪	205,646	87,516	32,257	85,873
大安溪	125,598	54,593	11,264	59,741
後龍溪	103,201	21,876	3,530	77,795
中港溪	106,773	14,068	5,081	87,624
濁水溪	355,165	292,914	31,025	31,227
烏溪	399,842	62,267	25,796	311,779

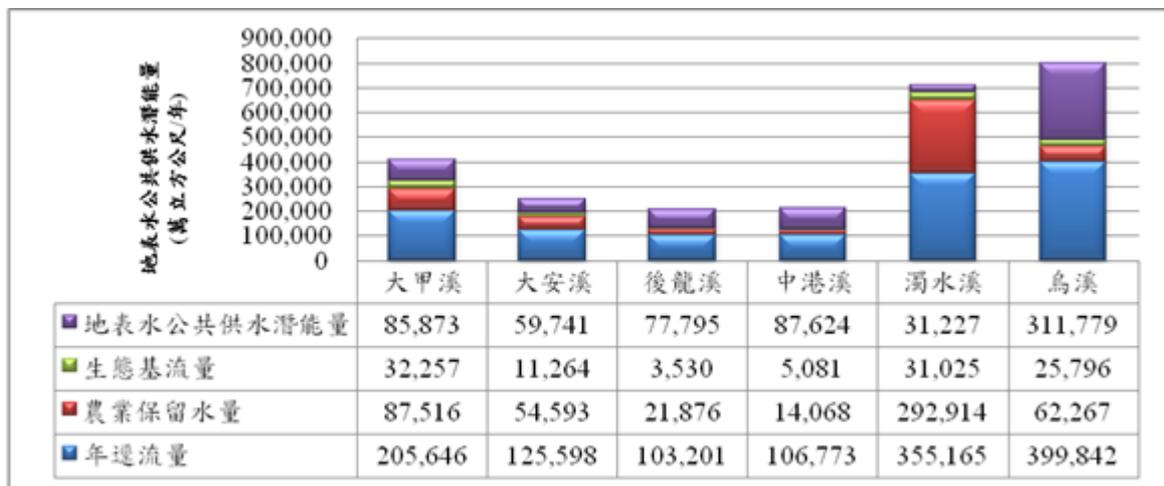


圖3-51 中部區域公共供水潛能量分析結果

## 2、供水系統之供水能力

供水系統之供水能力，主要考量供水系統、下游農業保留水量及生態基流量等限制條件下，並使缺水指數SI符合各區標準下估算求得。缺水指數定義如下式：

$$SI = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{SH_i}{D_i} \right)^2 \quad \text{式 3-18}$$

其中n為分析年數， $SH_i$ 為第i年之缺水量， $D_i$ 為第i年之需求量。本計畫依據中部區域缺水指數之容忍值，採用SI=1進行供水能力的估算，為與前期報告比對，本計畫考

量中港溪與後龍溪、大甲及大安溪聯合運用(含大甲大安輸水管線)、濁水溪與湖山水庫聯合運用，各系統模擬原則說明如下：

(1) 中港溪與後龍溪模擬分析條件

- I. 模擬演算期間自民國70至99年共30年，流量以歷史流量紀錄或推估流量(流量推估式詳見表2-2)為之，並以「日」為模擬單位。
- II. 攔河堰引水前須優先放流下游各項保留水量，若有剩餘流量，方可攔蓄引取。
- III. 各需求優先使用川流水，不足者方由水庫補充供給。
- IV. 各蓄水設施之蓄水量皆採最新測量之H-A-V曲線，且水庫呆容量不計入水量運用模擬，各水庫H-A-V詳見第貳章第一節第3小節。
- V. 各蓄水設施需依照其運用要點進行放水操作，各水庫運用要點說明詳見第貳章第一節第3小節。
- VI. 河道生態放流量以生態基流量與天然河川兩者取小者。
- VII. 不考慮河道輸水損失及滲漏損失。
- VIII. 模式中採用淨水場設計處理能力如表2-16所示。

(2) 大甲溪與大安溪聯合運用模擬分析條件

- I. 模擬演算期間自民國70至99年共30年，流量以歷史流量紀錄或推估流量(流量推估式詳見表2-2)為之，並以「日」為模擬單位。
- II. 供水系統已納入大安大甲溪水源聯合運用輸水工程。

- III. 鯉魚潭圳以景山溪天然流量與該圳用水量兩者之小者為限；三灌圳以由士林攔河堰水庫引入該三圳之權益引水量與該圳用水量兩者之小者為限。
  - IV. 攔河堰引水前須優先放流下游各項保留水量，若有剩餘流量，方可攔蓄引取。
  - V. 各需求優先使用川流水，不足者方由水庫補充供給。
  - VI. 各蓄水設施之蓄水量皆採最新測量之H-A-V曲線，且水庫呆容量不計入水量運用模擬，各水庫H-A-V詳見第貳章第一節第3小節。
  - VII. 各蓄水設施需依照其運用要點進行放水操作，各水庫運用要點說明詳見第貳章第一節第3小節。
  - VIII. 河道生態放流量以生態基流量與天然河川兩者取小者。
  - IX. 不考慮河道輸水損失及滲漏損失。
  - X. 模式中採用淨水場設計處理能力如表2-16所示。
- (3) 濁水溪與湖山水庫聯合運用模擬分析條件
- I. 模擬演算期間自民國70至99年共30年，流量以歷史流量紀錄或推估流量(流量推估式詳見表2-2)為之，並以「日」為模擬單位。
  - II. 供水系統已納入湖山水庫共同運用。
  - III. 攔河堰引水前須優先放流下游各項保留水量，若有剩餘流量，方可攔蓄引取。另集集攔河堰需優先保留離島工業區之用水量。
  - IV. 各需求優先使用川流水，不足者方由水庫補充供給。

- V.各蓄水設施之蓄水量皆採最新測量之H-A-V曲線，且水庫呆容量不計入水量運用模擬，各水庫H-A-V詳見第貳章第一節第3小節。
- VI.各蓄水設施需依照其運用要點進行放水操作，各水庫運用要點說明詳見第貳章第一節第3小節。
- VII.河道生態放流量以生態基流量與天然河川兩者取小者。
- VIII.不考慮河道輸水損失及滲漏損失。
- IX.模式中採用淨水場設計處理能力如表2-16所示。

#### (4) 水源調配模式建立

依據前述模擬原則，以Vensim系統動力模式建立中部區域水資源調配系統，水資源調配系統動力模型的建構流程示如圖3-52，首先確認水資源調配系統以釐清水工結構物的相對地理位置，水工結構物以節點表示，河川或供、引水管線則以線段表示之。因此水資源調配系統可由多個節點和多個線段組成，圖3-53為一典型水資源供需示意圖，包含了入流量、河川放水量、需求供水量及未控制流量等。接著根據系統圖（圖3-53）配合各流量的因果關係繪製因果循環圖（如圖3-54所示），因果循環圖之變數區分為外部變數和內部變數，內部變數是指在回饋上的變數，其數值會隨著回饋環屬性而變化；外部變數是指回饋環外的其他變數，其數值不受回饋環屬性改變。以圖3-55為例，外部變數包含入流量、水庫庫容量、淨水場處理能力、管線限制及需求量，這些數值可由觀測資料或其他相關報告蒐集而得；內部變數則包含河川放水量，需求供水量、未控

制流量以及水庫蓄水量等，其量化關係並需依序計算求得。接著進一步整合系統圖和因果循環圖，配合系統動力學的四大元件-存量、流量、輔助變數跟箭線建立系統動力流圖。最後輸入各變數間之量化數學式，即可完成水源調配系統動力模型之建置。

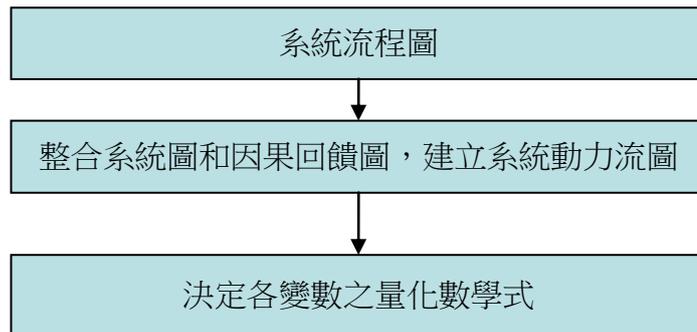


圖3-52 水資源調配系統動力模型的建構流程

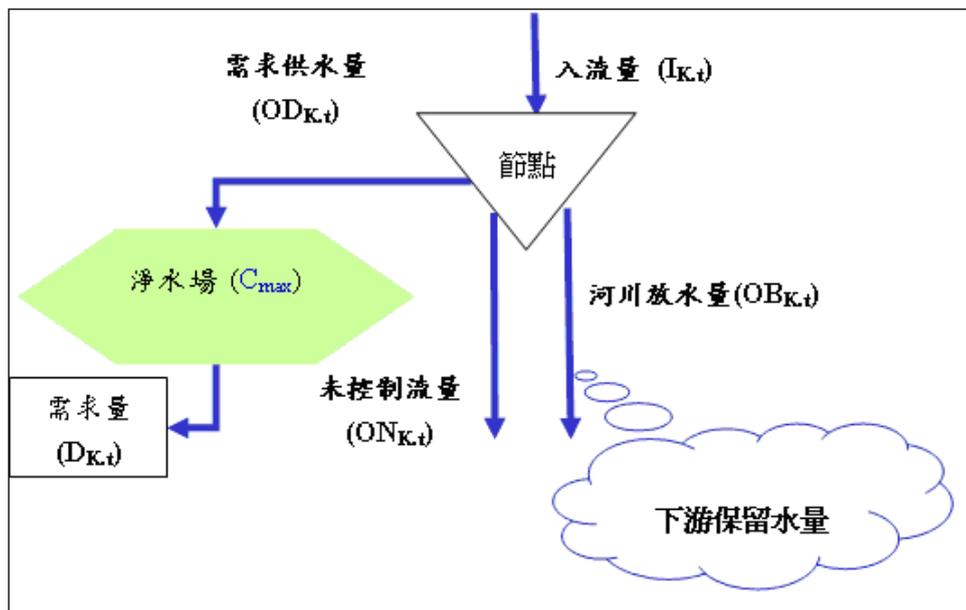


圖3-53 典型水資源供需示意圖

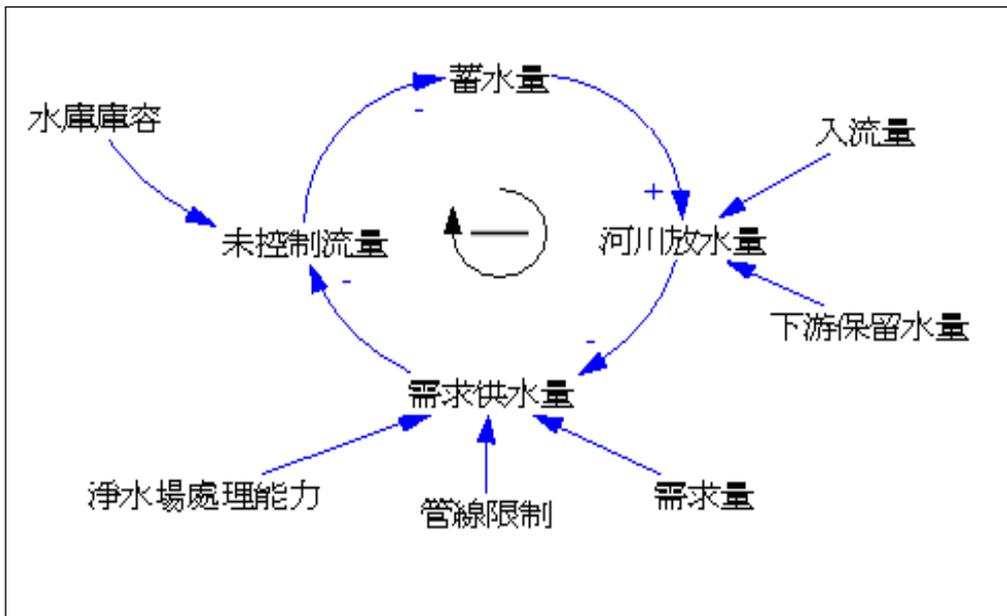


圖3-54 典型水資源供需因果回饋圖

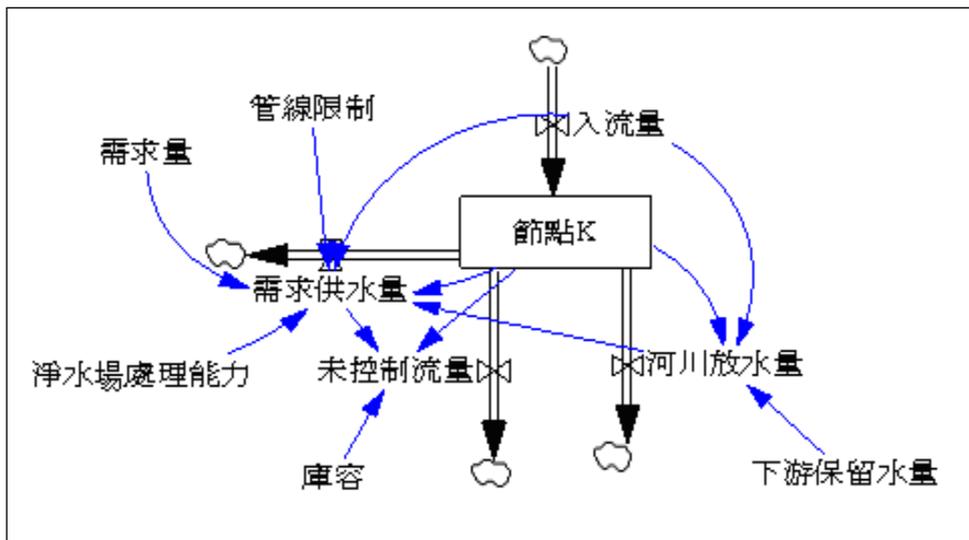


圖3-55 典型水資源供需系統動力流圖

模式的計算程序與變數間之量化關係皆參考因果循環圖而得。首先計算下游河川放水量，其量化數學式可表示如下式：

$$OB_{k,t} = \min \left( \sum_{i \in L} I_{i,t} + S_{k,t}, R_{k,t} \right) \quad \text{式 3-19}$$

$OB_{k,t}$  是指在t時刻蓄存節點k之河川放水量， $I_{i,t}$ 是指t時刻蓄存節點k的入流量， $S_{k,t}$ 是t時刻蓄存節點k的蓄水量，變數的第一個結尾字母代表節點符號，第二個結尾字母代表時間狀態，L是指所有流入蓄存節點k的入流線段集合， $R_{k,t}$ 表示蓄存節點k在t時刻之下游保留量，其涵蓋了生態保留水量以及下游優先水權保留量， $R_{k,t}$ 可由下式表示

$$R_{k,t} = \sum_{i \in M} DR_{i,t} + B_{k,t} \quad \text{式 3-20}$$

$DR_{i,t}$ 是下游優先水權量， $B_{k,t}$ 表示是蓄存節點k在t時刻的生態保留水量，M是指所有下游優先於K點取水之需求量( $D_{k,t}$ )的需求節點集合，生態基流量 $B_{k,t}$ 則以天然流量超越機率95%估算。

需求供水量可由下面方程式來計算

$$OD_{K,t} = \min \left[ \sum_{i \in L} (I_{i,t}) + S_{k,t} - OB_{k,t}, \sum_{j \in N} (D_{j,t}), C_{\max k}, P_{\max k} \right] \quad \text{式 3-21}$$

$OD_{k,t}$ 是指從蓄存節點k在t時刻之需求供水量， $D_{j,t}$ 是指t時刻於K點取水之目標需求量，N是指於K點取水之需求節點集合， $C_{\max k}$ 是指於K點取水之淨水場處理能力， $P_{\max k}$ 是於K點取水之淨水場處理能力的管線最大輸送容量，若K點為非蓄水節點，則未控制流量可由下式推估。

$$ON_{k,t} = \sum_{K \in L} I_{k,t} + S_{k,t} - OD_{k,t} - OB_{k,t} - S_{\max k,t}, \quad \text{if } \sum_{K \in L} I_{k,t} + S_{k,t} - OD_{k,t} - OB_{k,t} > S_{\max k,t} \\ = 0, \quad \text{if } \sum_{K \in L} I_{k,t} + S_{k,t} - OD_{k,t} - OB_{k,t} \leq S_{\max k,t} \quad \text{式 3-22}$$

若為蓄水節點，則未控制流量可由下式推估

$$ON_{k,t} = \sum_{K \in L} (I_{k,t}) - OB_{K,t} - \sum OD_{k,t} \quad \text{式 3-23}$$



#### (5) 各分區水資源供水系統模組建立

系統動力模式可反應水資源之空間分布關係、亦可反應其時間上之變化。因此本計畫以系統動力模式建構各水資源供水分區之水源供水系統模式，配合各水資源分區之河川流量以及需水量，進行中部區域之水資源分析。本計畫將中部區域之各供水系統依縣市分為三大供水系統，分別為苗栗系統、台中系統及彰、雲、投系統，詳述如下：

##### (i) 苗栗系統

針對苗栗地區水資源系統動力模式之建構，如圖3-57所示。苗栗系統包含水系有峨眉溪、老田寮溪、中港溪及後龍溪，另有數座水工構造物如水庫(大埔水庫、永和山水庫及明德水庫)及堰壩(田美堰、打鹿坑堰)。

##### (ii) 台中系統

針對台中地區建構台中系統水資源系統動力模式，如圖3-58所示。台中系統包含水系有景山溪、大安溪及大甲溪及六座水工構造物，水工構造物分別為兩大水庫(鯉魚潭水庫及德基水庫)四座堰壩(後池堰、景山攔河堰、士林堰及石岡壩)。

##### (iii) 彰、雲、投系統

彰化、雲林及南投供水系統如圖3-59所示。彰、雲、投系統中包含水系有栗栖溪、霧社溪、清水溪及梅林溪，水工構造物如霧社水庫、日月潭、湖山水庫、栗栖壩、武界壩、集集攔河堰、桶頭堰、斗六堰。

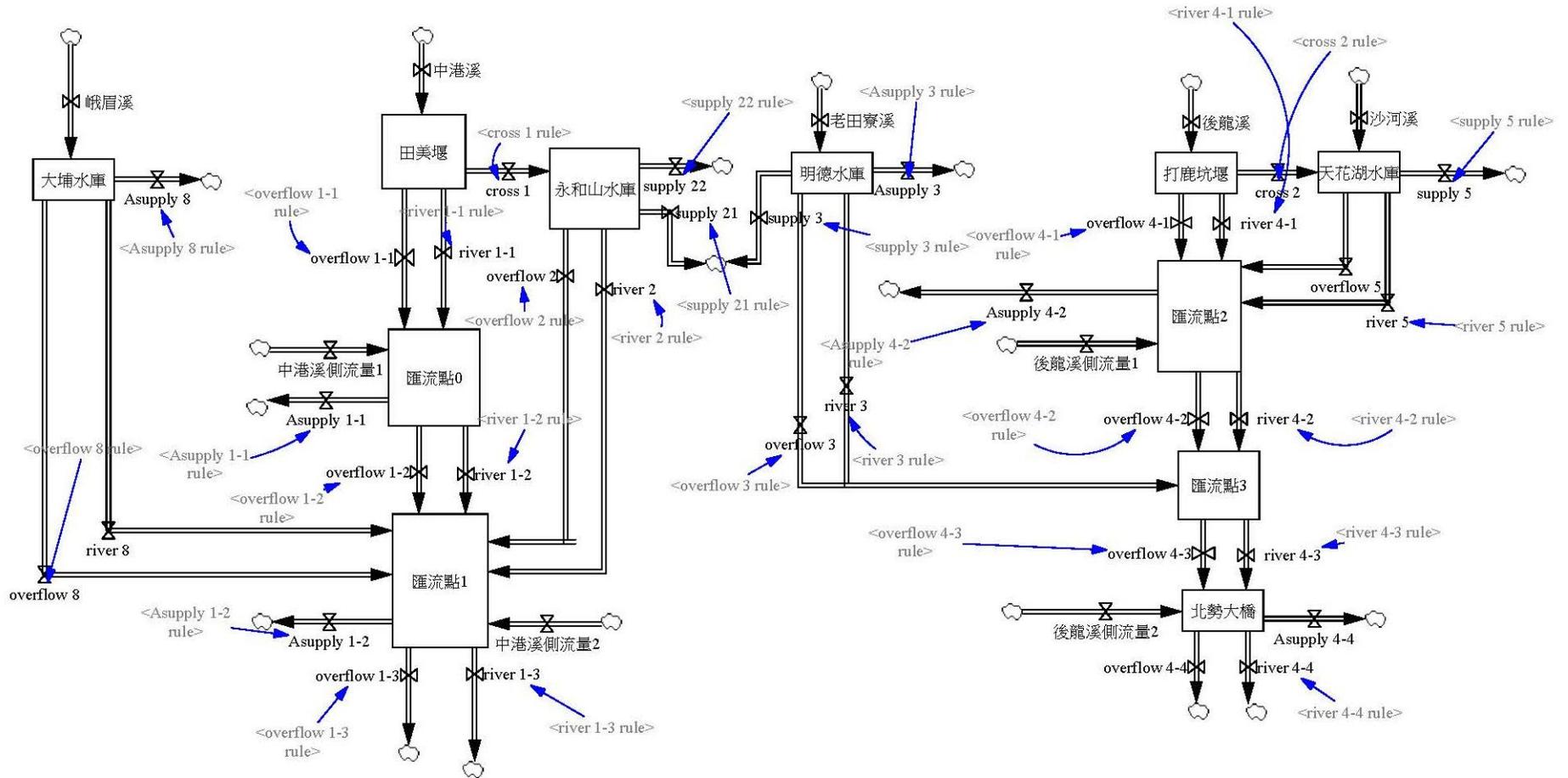


圖3-57 苗栗系統水源調配系統

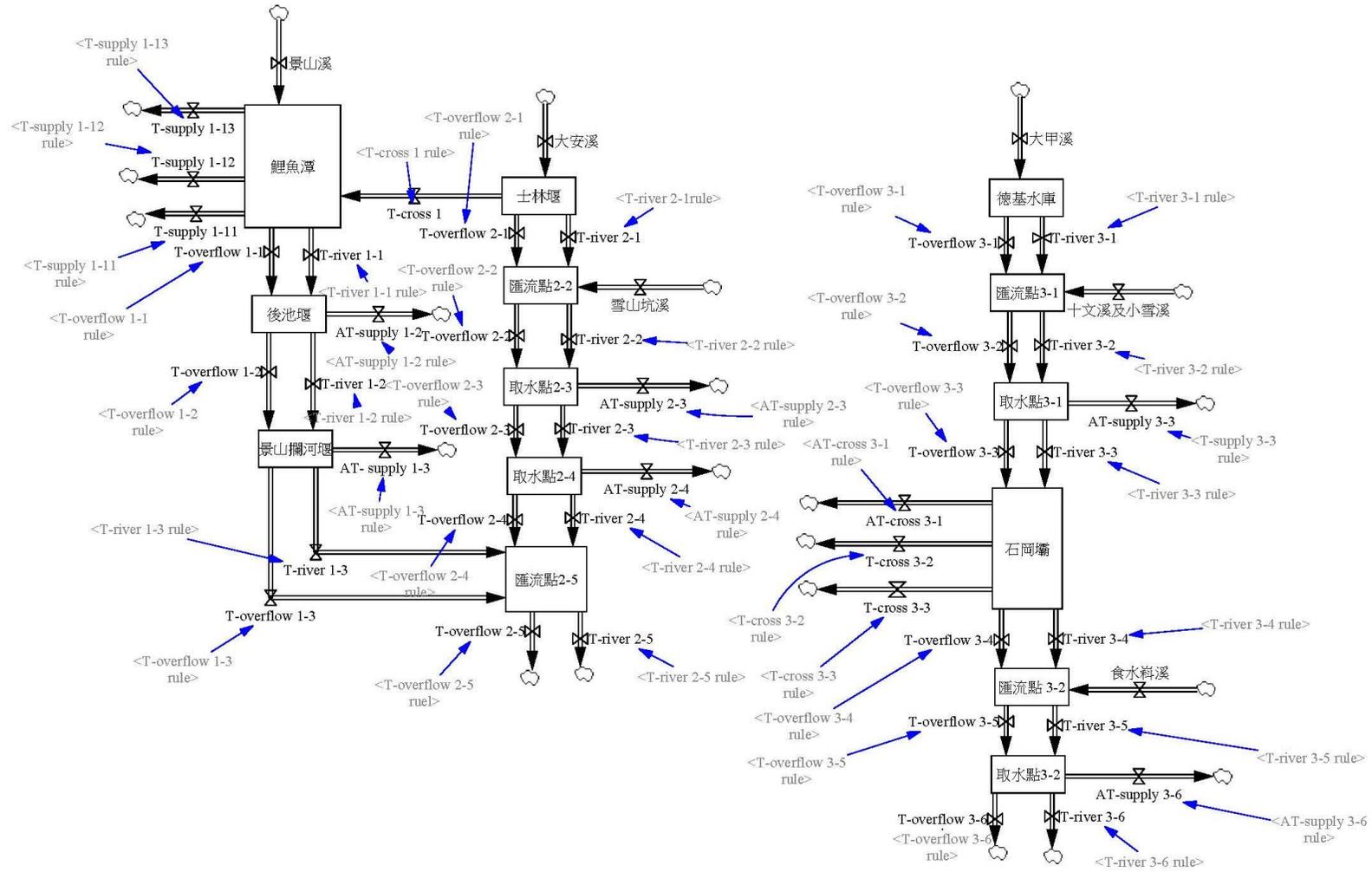


圖3-58 台中系統水源調配系統

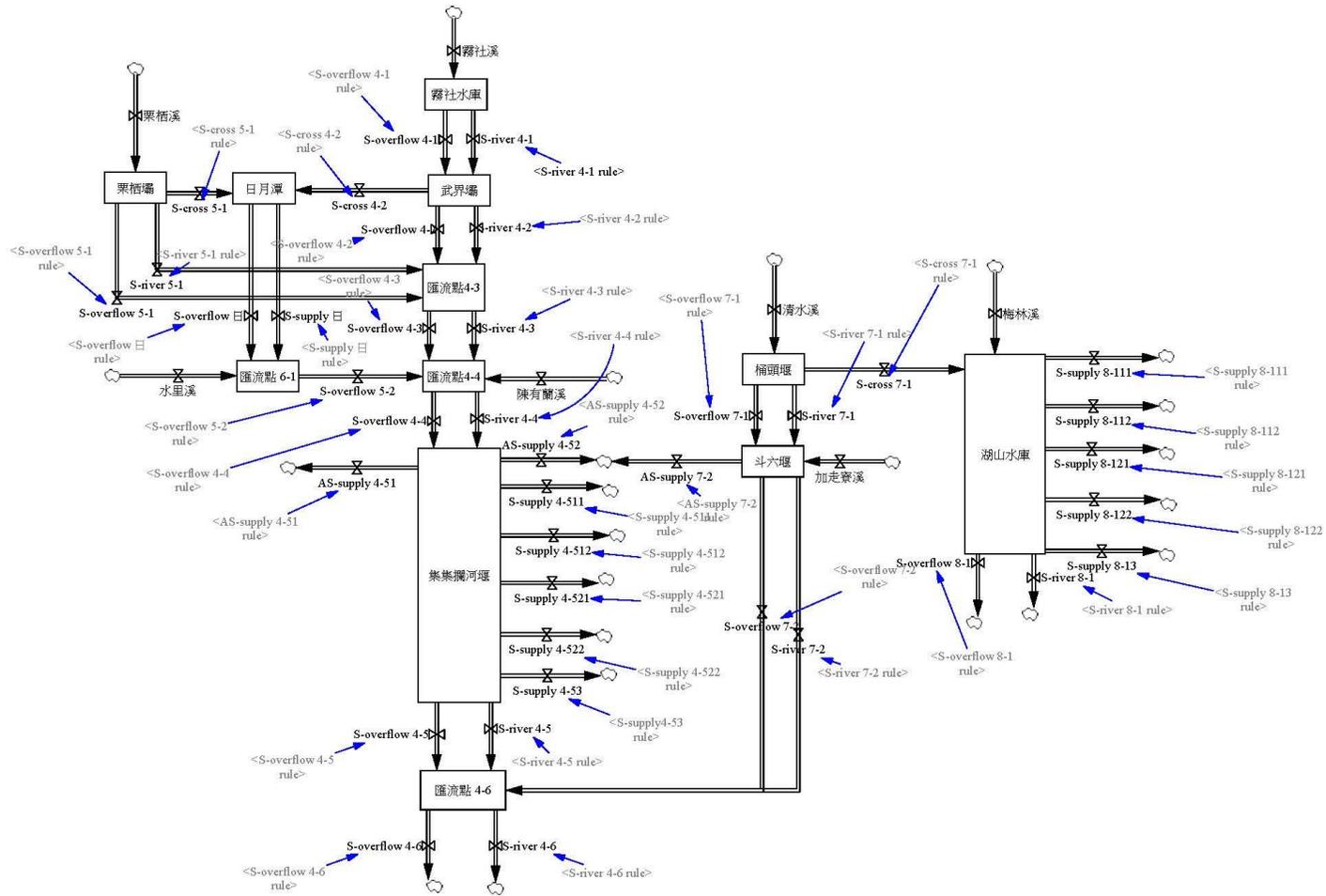


圖3-59 彰、雲、投系統水源調配系統

(6) 供水系統供水能力分析結果

中部區域供水系統供水能力分析結果示如表3-27，分析結果顯示，中港溪與後龍溪之供水能力為每日21.4萬立方公尺，與前期報告分析結果(每日21.2萬立方公尺)接近，大甲大安聯合運用之供水能力為每日178.5萬立方公尺；與前期報告分析結果(每日176萬立方公尺)接近，濁水溪與湖山水庫聯合運用之供水能力為每日45.41萬立方公尺，與前期報告分析結果(每日43.2萬立方公尺)接近，經與前期報告比對後，驗證本計畫建立之水源調配模式確實可正確呈現中部區域之水源調配規則。

**表 3-27 中部區域供水系統供水能力推估結果**

重要河川	本計畫分析結果 (分析時段民國 70~99)	前期報告分析結果	
	供水系統供水能力 (萬立方公尺/日)	供水系統供水能力 (萬立方公尺/日)	說明
中港溪與 後龍溪 (苗栗地 區)	21.4	21.2	參考經濟部水利署 100 年「臺灣中部區域水資源經理基本計畫(稿)」之供需情勢，永和山水庫每日 18.7 萬立方公尺、明德水庫每日 2.5 萬立方公尺。
大甲溪與 大安溪聯 合運用 (台中地 區)	178.5	177	參考水規所 100 年「氣候變遷調式之穩定供水調適策略-以大安溪大甲溪水資源系統為例」，分析時段民國 64~96 年。
濁水溪 (雲林及彰 化地區)	45.41	43.2	參考水利規劃試驗所 97 年「濁水溪水系現有水庫水資源聯合運用可行性評估(1)」，考量集集攔河堰與湖山聯合運用，分析時段民國 48~89 年。

## (二)地下水可運用水源分析

### 1、地下水潛能量評估方法

地下水供水潛能量通常可以地下水安全出水量表示之，地下水安全量以不超過年補注量為限，倘若年抽用量與儲存量相平衡，則地下水位無變化，此時補注量即為地下水安全出水量。

台灣地下水資源之分佈劃為九個區域如圖3-60所示，本計畫選取中部區域三個地下水分區：新苗地區、台中地區、濁水溪沖積扇，其中因考量本計畫工作範圍區域，故新苗地區之地下水分區扣除新竹範圍之面積，僅考慮苗栗地區地下水(文中以苗栗地區表示)，各地下水分區說明如下：

#### (1) 「新竹苗栗臨海地區」地下水區：

本區內多台地，亦有地下水之開發，與海岸地區沖積層一併為鄰海地區，其面積扣除新竹地區面積約為470平方公里。

#### (2) 「台中地區」地下水區

北邊大安溪以北地區及南邊烏溪以南地區均併入該區域內，面積約增為1,300 平方公里。

#### (3) 「濁水溪沖積扇」地下水區

因北邊烏溪以北地區併入台中地區，南邊北區八掌溪地區劃入嘉南平原，故本區面積約為2,100 平方公里，僅包含濁水溪以北之彰化地區及濁水溪以南之雲林地區。

通常大範圍之地下水補注量可採GIS入滲量推估法，「台灣地區地下水補注量估計(2000)」及「多元化水資源經營管理方案(2005)」亦是採用此推估方法推估全台灣地

下水補注量，屬直接估計法一種，估算主體以表層土壤為考量因素，本計畫利用地理資訊系統 (GIS)將數化之表層土壤分佈圖，配合各類土地利用圖，以土壤公式進行估算，其詳細作法如下：

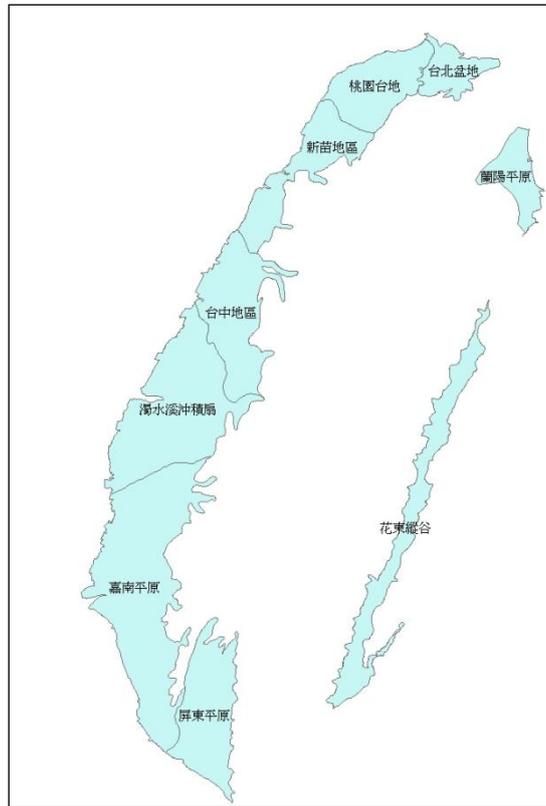


圖3-60 台灣區域地下水分區圖

將地表入滲量區分為二大類，一類為未飽和入滲區，平時為乾燥土壤，當降雨產生時，方產生入滲行為；另一類為飽和入滲區，該區域平時即存有水體，如河川、湖泊、魚塢等水體。本方法將地表空間之土地利用、土壤質地、地表水體及降雨量之綜合效應，進行該區地表入滲量之評估，其推估方法如圖3-61所示。

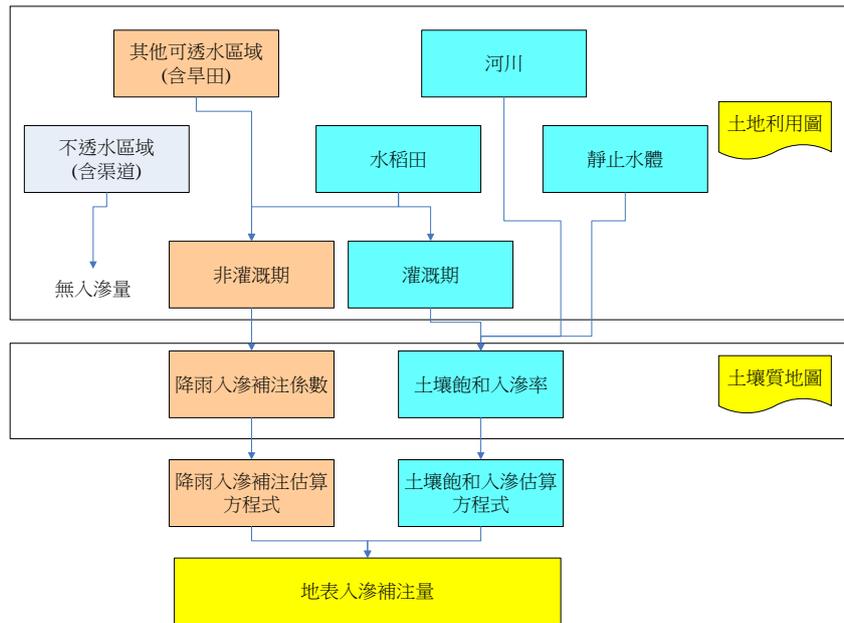


圖3-61 GIS入滲量推估流程圖

國土測繪中心提供之土地利用圖主要區分為農業使用土地、森林使用土地、交通使用土地、水利使用土地、建築使用土地、公共使用土地、遊憩使用土地、礦鹽使用土地及其他使用土地等九大類，再依屬性可細分為103類，其分類過細，因此本方法將依據地下水補注來源機制，將其分類簡化，如表3-28所示。分類過程將依據下列處理原則，細述如下：

表 3-28 土地利用分類說明

編號	土地利用原始屬性	簡化分類
一	稻作	水稻
二	旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地旱作及其他可透水區域	可透水區域
三	交通用地(公路、鐵路)、建築用地(住宅區、學校、機關團體、環保設施)、工業用地(工業相關設施、倉儲)等人工建築物以及運河。	不透水區域
四	河川	河川
五	養殖魚塢、水庫、湖泊及其他蓄水	靜止水體

首先，將養殖魚塭、湖泊、河川、水庫及其它蓄水等長時間蓄水區塊，歸納為靜止水體。由於靜止水體長期浸水的情形下，入滲率接近土壤的飽和入滲率，可視為一個常數，所以入滲補注量的估計可用式3-25表示。其中，A:面積[L<sup>2</sup>]；t:時間[T]； $\Phi_{soil}$ :特定土壤的飽和入滲率[L/T]。

$$Q = A \cdot t \cdot \Phi_{soil} \quad \text{式 3-25}$$

其次，旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地等等歸為一類，其補注機制與降雨有密切關係，其可透水面積入滲補注量可用式3-26表示。其中，A面積[L<sup>2</sup>]；P:平均月降雨量[L]； $\alpha_{soil}$ :特定土壤的降雨入滲補注係數A無因次。

$$Q = A \cdot P \cdot \alpha_{soil} \quad \text{式 3-26}$$

水田部分在灌溉期間，由於水田長期浸水可採用式3-25之飽和補注公式進行補注量之推估；在非灌溉之乾枯時期，則以式3-26之降雨入滲公式進行計算。此外，河川部分因長年蓄水，雖非靜止水體，但亦可視為水體之一種，因此以飽和補注公式式3-25進行計算。

## 2、地下水潛能量分析結果

地下水潛能量推估所需之地理圖層，包括土地利用(如圖3-62)及地表土壤分佈(如圖3-63)等，以ArcGIS地理資訊系統為工作平台，此系統不但可進行地表空間之圖層套疊分析，並可配合徐昇氏計算地區平均降雨量，再利用土壤飽和入滲率及降雨入滲係數進行地表入滲量推估。

本計畫選取中部區域18個雨量站，並利用徐昇氏多邊形法推求苗栗地區、台中地區、濁水溪沖積扇之平均降雨量，中部區域之徐昇氏多邊形圖圖3-64 所示，利用徐昇氏多邊形網可推求各雨量站之權重如表3-29所示；經計算後中部區域各地區之年平均降雨量示如表3-30。土壤飽和入滲率及降雨入滲係數之選定說明如下：

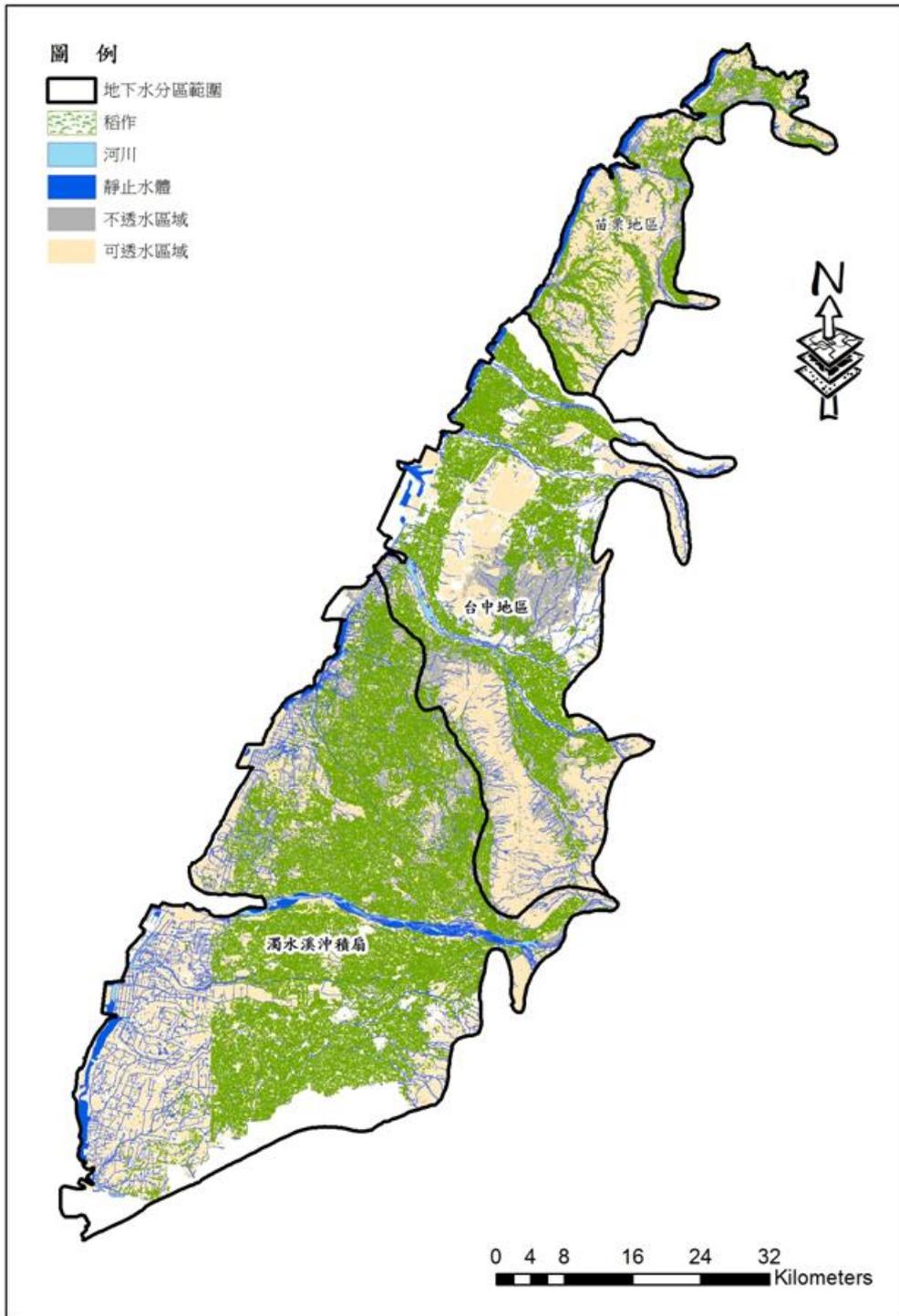


圖3-62 中部區域各縣市土地利用分佈圖

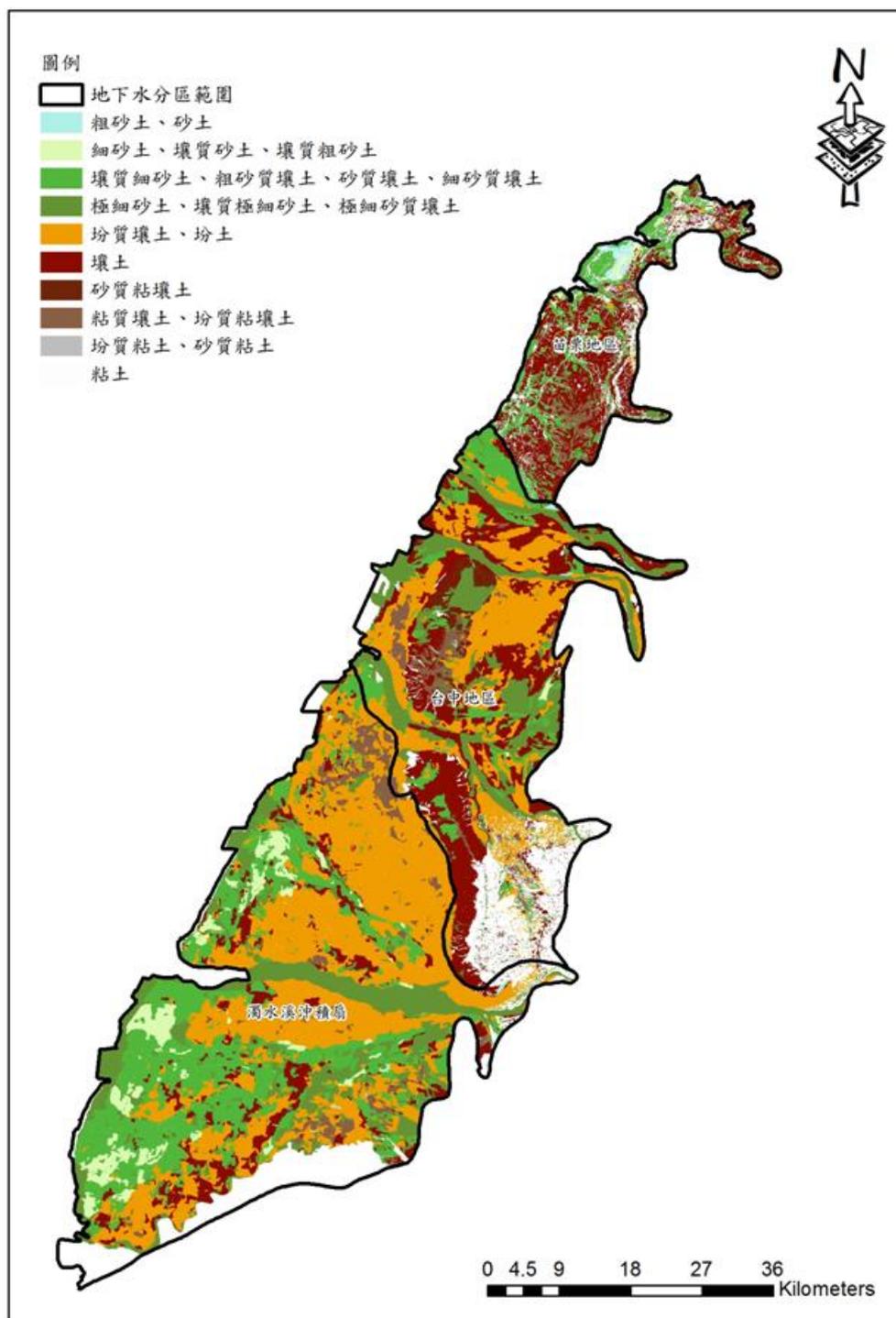


圖3-63 中部區域各縣市土壤質地分佈圖

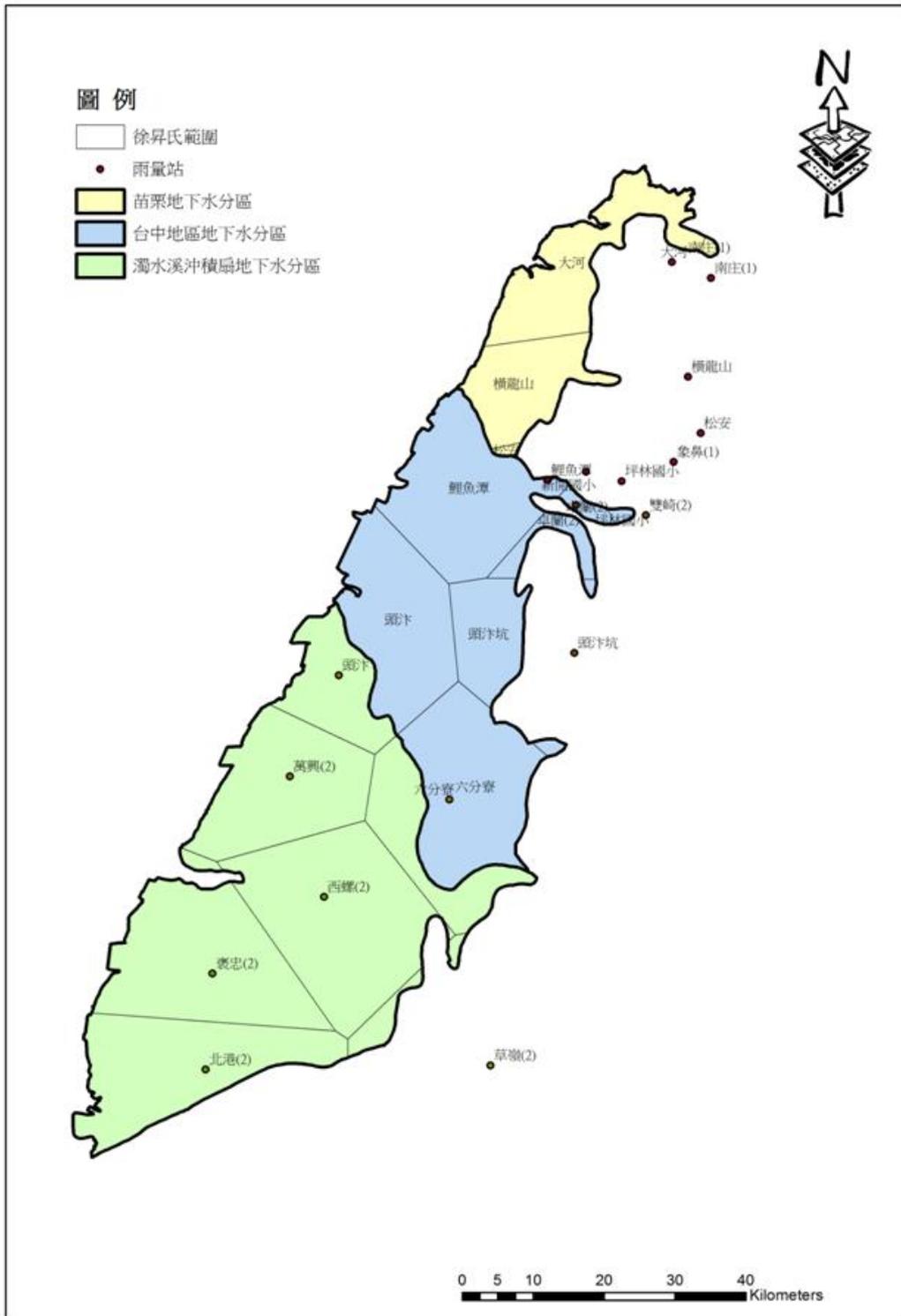


圖3-64 中部區域各縣市雨量站徐昇氏多邊形圖

表 3-29 中部區域各縣市雨量站徐昇氏權重

地下水 分區	站名	面積(km <sup>2</sup> )	權重(%)	地下水 分區	站名	面積 (km <sup>2</sup> )	權重(%)
苗栗 地區	松安	5.1	1	濁水溪 沖積扇	西螺(2)	527.9	24
	南庄(1)	4.9	1		草嶺(2)	44.3	2
	大河	273.2	57		六分寮	189.3	9
	橫龍山	194.0	41		頭汴	183.7	8
台中 地區	六分寮	372.0	28		褒忠(2)	467.8	22
	頭汴坑	165.8	12		北港(2)	397.8	18
	坪林國小	5.7	0		萬興(2)	357.3	16
	鯉魚潭	374.3	28				
	頭汴	346.2	26				
	卓蘭(2)	64.5	5				
	新開國小	0.0013	0.0001				

表 3-30 中部區域各縣市歷年平均降雨量表

單位：mm

月份	苗栗 地區	台中 地區	濁水溪 沖積扇
1	71	30	21
2	204	108	72
3	236	115	81
4	233	151	116
5	302	242	208
6	399	339	237
7	244	242	207
8	427	328	244
9	153	123	92
10	54	21	11
11	39	19	15
12	45	26	18
加總	2,408	1,746	1,324

### (1)飽和入滲率

土壤飽和入滲率( $\Phi_{soil}$ )採大陸水利電力部水文局(1987)分析結果，估計水稻田入滲率和土壤質地的關係，不同土壤質地對應之入滲率可參考表3-31。本計畫蒐集水保局坡地土壤質地圖及農試所平地土壤質地圖，透過ArcGIS 9.0軟體進行圖層套疊後，中部區域各縣市土壤質地圖示如圖3-63，根據土壤質地即可查表求得各地區之土壤飽和入滲率( $\Phi_{soil}$ )。

**表 3-31 水稻田入滲係數值**

土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂
水稻田入滲率 $\Phi$ (mm/day)	1.0	1.7	2.5	3.0

(資料來源：大陸水力電力部水文局(1987)。)

### (2)降雨入滲係數( $\alpha_{soil}$ )

降雨入滲係數採用大陸水利電力部水文局(1987)所分析的成果。表3-32為大陸水利電力部水文局根據實測資料條件，採用不同方法計算降雨入滲係數( $\alpha_{soil}$ )。降雨入滲補注係數( $\alpha_{soil}$ )將取決於土壤性質與年平均降雨量，當年降雨量大於1,200公厘時，降雨入滲補注係數反而較小，此乃因降雨量大的地區，地表皆較濕潤，地下水位距地表較近，則地下水含水層之調蓄能力相對較小，平均年降雨入滲補注係數因而較小。故若年降雨量大於表3-32之最大值1,800公厘時，取該列最小值係數計算之。

表 3-32 降雨入滲補注係數值範圍

平均年降雨量(mm)	土壤性質				
	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂	砂卵礫石
50	0.00~0.02	0.01~0.05	0.02~0.07	0.05~0.11	0.08~0.12
100	0.01~0.03	0.02~0.06	0.04~0.09	0.07~0.13	0.10~0.15
200	0.03~0.05	0.04~0.10	0.07~0.13	0.10~0.17	0.15~0.21
400	0.05~0.11	0.08~0.15	0.12~0.20	0.15~0.23	0.22~0.30
600	0.08~0.14	0.11~0.20	0.15~0.24	0.20~0.29	0.26~0.36
800	0.09~0.15	0.13~0.23	0.17~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1000	0.08~0.15	0.14~0.23	0.18~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1200	0.07~0.14	0.13~0.21	0.17~0.25	0.21~0.29	0.27~0.37
1500	0.06~0.12	0.11~0.18	0.15~0.22	0.21	0.27
1800	0.05~0.10	0.09~0.15	0.13~0.19	0.21	0.27

利用表3-31與表3-32分別推估飽和入滲量與降雨入滲量，兩者之和即為地表入滲補注量。各地區地下水補注量(潛能量)推估結果如圖3-65～圖3-67所示，其結果詳如表3-33所示。其中台中地下水分區潛能量為每年4.0億噸，與前期報告分析結果(每年3.79億噸) 接近，濁水溪沖積扇地下水分區潛能量為每年8.1億噸，與前期報告分析結果(每年8.18~22.6億噸) 接近，苗栗地下水分區潛能量為每年1.9億噸，與前期報告分析結果(每年1.4億噸) 接近，經與前期報告比對後，驗證本計畫建立之地下水供水潛能推估模式確實可正確呈現中部區域之地下水補注量情況。

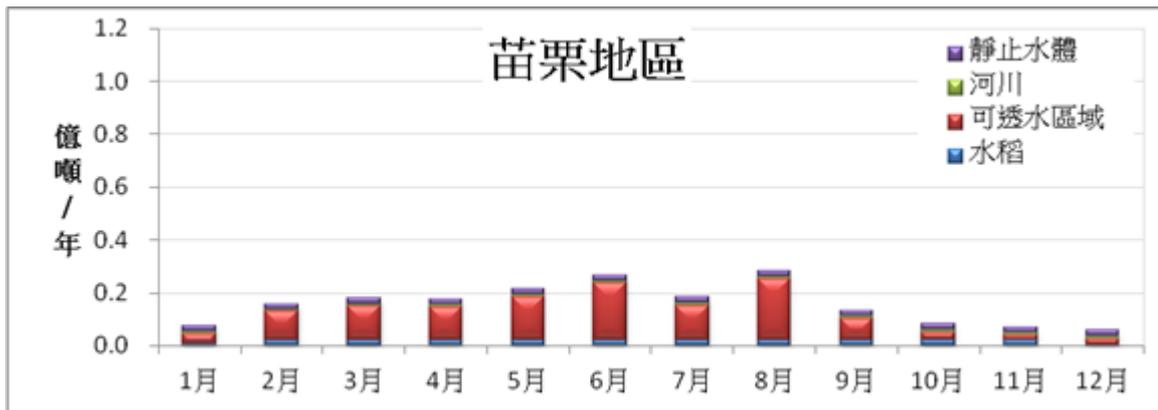


圖3-65 苗栗地區地下水潛能量推估結果

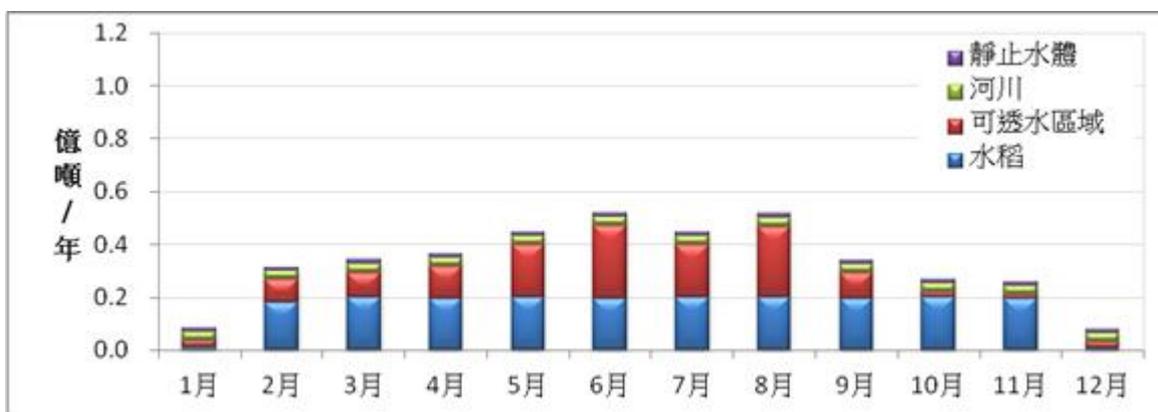


圖3-66 台中地區地下水潛能量推估結果

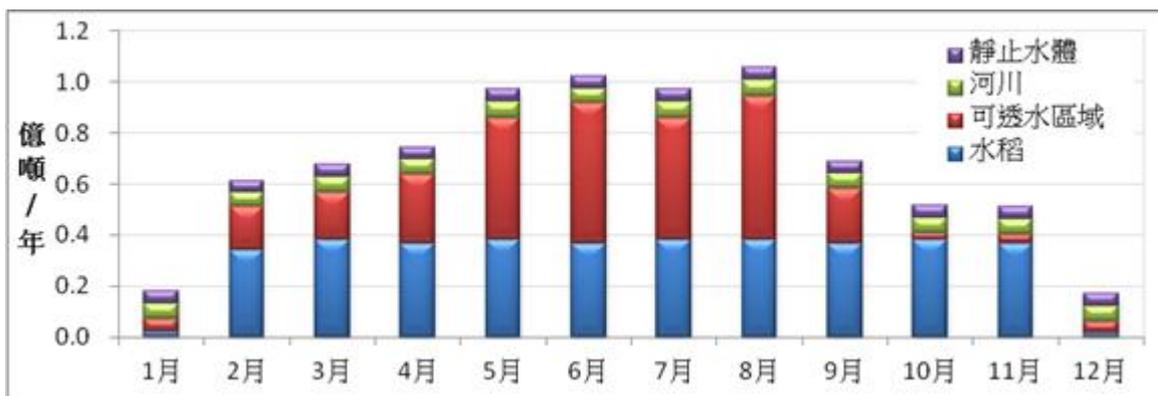


圖3-67 濁水溪沖積扇地下水潛能量推估結果

**表 3-33 中部區域地下水分區推估結果**

地下水分區	本計畫分析結果 (分析時段民國 70~99 年)	前期報告分析結果	
	地下水潛能量 (億噸/年)	地下水潛能量 (億噸/年)	說明
苗栗地下水分區	1.9	1.4	參考自經濟部水資源局民國 91 年「台灣地區地下水資源管理決策支援系統建置 (2/4)」。
台中地下水分區	4.0	3.79	參考自水資會民國 81 年「台灣地區地下水資源」統計資料。
濁水溪沖積扇地下水分區	8.1	8.18~22.6	參考自經濟部水利署民國 94 年「台灣地區地下水資源(94 年修訂版)」，該計畫統計多篇前期報告評估成果。

## 第肆章、氣候變遷之衝擊評估

為瞭解氣候變遷對於中部區域水資源之衝擊，本計畫採用 TCCIP 計畫所產出的降尺度結果作為衝擊評估的分析基礎，透過雨量繁衍分析及 GWLF 降雨逕流模式，評估氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢，再配合 Venism 建立之水資源調配模式及水收支平衡法為基礎之地下水潛能推估模式，進行氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估，以下針對氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢評估及氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估之分析方法與結果進行說明。

### 一、氣候變遷下河川流量特性與變化趨勢評估

本計畫利用氣候變遷衝擊評估工具，針對中部區域中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪等重要河川，評估未來氣候變遷下河川流量可能之變化，其評估架構如圖4-1所示，透過簡易降尺度繁衍符合現況統計特性以及氣候變遷下之氣象資料，經由降雨逕流模式(GWLF)，分析氣候變遷下河川流量特性變化趨勢。以下針對各分析步驟進行說明。

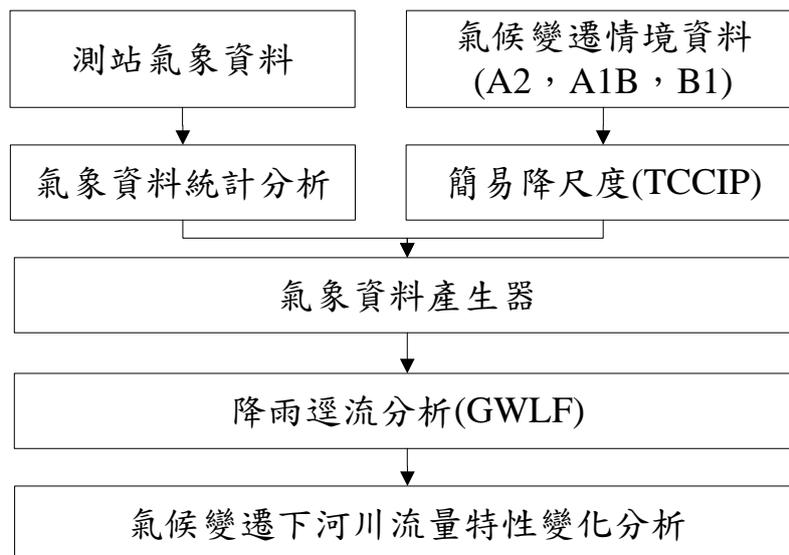


圖4-1 氣候變遷衝擊評估流程圖

## (一) 氣候變遷下雨量變化趨勢

氣候變遷下之雨量變化趨勢將採用國家災害防救科技中心(NCDR)執行國科會計畫「台灣氣候變遷情境推估與資訊平台建置」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform Project, 以下簡稱TCCIP 計畫), 所產出的降尺度結果進行雨量繁衍分析, 以下針對氣候變遷情境、TCCIP降尺度分析及雨量繁衍分析進行說明。

### 1、氣候變遷情境

現今氣候變遷衝擊研究多採用大氣環流模式(GCMs)模擬結果為主, 根據可能溫室氣體排放情境模擬未來之氣候, 溫室氣體排放情境通常可分為平衡情境(Equilibrium Experiment)與漸變情境(Transition Experiment), 目前大部分研究多採用SRES(Special Report on Emissions Scenarios)之漸變情境, SRES預設情境屬於溫室氣體排放情境, 亦即預測全球未來可能之經濟、人口、工業與環境的發展, 提出數種可能溫室氣體排放的趨勢。考慮到未來可能致力於經濟發展, 或是朝永續利用的目標等不同程度的可能情形, 以及考慮全球性或是區域性不同發展帶來的影響。分成了A1、A2、B1、B2等4個情節, 說明如下:

A1: 代表快速的經濟成長, 全球人口在21世紀中時期達到尖峰, 之後便開始下降。並且擁有有效的科技技術。主要的主題在於實際人口的減少、地區的聚合、建築物的容積、教育的增進與社會的影響。A1情境進一步細分為3個情境, 分別描述了能源系統中技術變化的不同方向。以技術面來區分, 分別為化石燃料密集型(A1FI)、非化石燃料能源(A1T)、以及各種能源之

間的平衡(A1B) (所謂「平衡」，即不過分依賴於某種特定能源)。

A2：描述一非常多變異性組成的世界。主要主題在於各國自力更生，與維持地方發展，而全球人口不斷地增加。經濟成長主要為區域性成長，而每人經濟成長率及技術的改進較其他情節破碎且緩慢。

B1：如同A1情節，全球人口在21世紀中時期達到尖峰，之後開始下降，但經濟結構卻朝向1個服務與資訊的經濟結構。能源使用減少，並引用較乾淨且有效率之技術。注重經濟、社會與環境的永續性，卻不考慮額外的起始氣候條件。

B2：主要描述地方性經濟、社會與環境永續性的結果。全球人口持續增加，卻比A2情節慢。經濟發展中等，而科技的改變比B1，A1較緩且更多相異性。而情節主要也以社會平等與環境的保護為目標，且發展為區域性發展。

目前國際上常採用之氣候變遷情境共有6種，即A1FI、A1T、A1B、A2、B1及B2，IPCC出版第3次報告(TAR)時，當時國際間多採用之A2與B2情境進行分析，而在IPCC於2007年提出最新之AR4氣候變遷情境後，並於2008年在其網站上釋出較完整之情境資料供下載分析。本計畫將採用最新之情境資料，雖然在IPCC的報告中一再提及上述6種氣候變遷情境在推估未來情況具同等重要性，然目前IPCC網站上僅提供A1B、A2及B1等3種情境之月資料供下載，因此本計畫將以此3種情境進行分析。從圖4-2及圖4-3可得知，A2、A1B及B1等3種情境分別代表的是較悲

觀、持平及較樂觀的溫室氣體排放情境，然而在短期(西元2020~2039年)來說，A1B情境的溫室氣體排放量於西元2020~2039年的前期其實比A2情境來得高，且氣溫上升的速度亦較快，而在西元2020~2039年的後期，A2情境的溫室氣體排放量方開始高於A1B情境，因此在A1B及A2 兩種情境於短期上的差異不大的情況下，會造成分析短期氣候變遷情境流量、供水系統衝擊時，有些模式的結果會看到A1B情境造成的氣候變遷衝擊影響比A2來得大的狀況，不過整體來說，A2情境對於供水系統的負面衝擊仍較大。

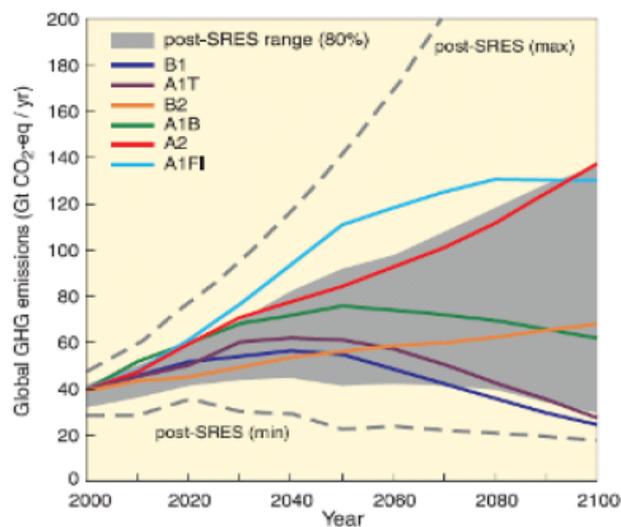
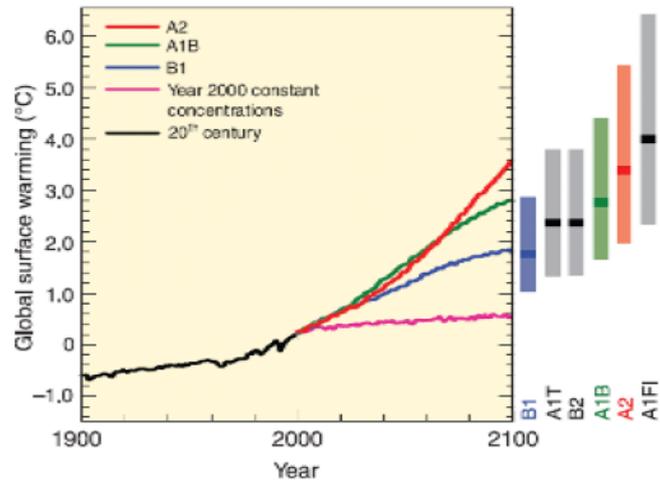


圖4-2 各種SRES情境之不同溫室氣體排放情境

(資料來源：IPCC, 2007。)



**圖4-3 各種SRES情境不同溫室氣體排放情境溫度上升趨勢**  
(資料來源：IPCC, 2007。)

## 2、TCCIP降尺度分析

本計畫採用國家災害防救科技中心(NCDR)之TCCIP降尺度結果。統計降尺度方法眾多，TCCIP 採用 Bias Correction Statistical Downscaling，簡稱BCSD 此一方法，主要考量氣候變遷研究議題著重在統計特性的呈現，氣候模式資料轉化的過程應力求保留模式原本存在的特性，過於複雜的後端處理過程(Post-Process)，容易增加雜訊的產生。TCCIP 使用之統計降尺度方法，是由高解析度觀測資料與低解析度GCM 模式資料兩者的累積分布函數(CDF, cumulative distribution function)關係，透過偏差量的校正(bias correction) 降尺度後，以獲得台灣地區75 個網格點之高解析度(25公里x25公里)之月平均氣候值之模式結果。分析採用IPCC提供之24個GCM模式之A1B、A2及B1等3種情境，24個GCMs如表4-1，各網格相較於台灣的位置可參考圖4-4，每個網格共有19至24個不等(隨著情境設定而變化)GCMs推估值。觀測資料包含降雨與溫度資料，分別使採用Aphrodite (Asia Precipitation Highly-Resolved

Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources) 觀測月平均降雨資料與CRU (Climate Research Unit) 的月平均地表溫度，藉由先將歷史資料降尺度後，進而推估未來氣候變遷情境下降尺度之月降雨與溫度資料，以下參考「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(2/3) 年度成果報告」針對降雨資料降尺度分析評估方法進行說明。

#### (1) 歷史降雨資料降尺度

在歷史降雨觀測資料方面，是採用Aphrodite的月平均降雨資料，單位為mm/day，觀測資料範圍為亞洲季風區(60°E~150°E; 15°S~55°N)，資料時間為1951-2007年，網格解析度為0.25°×0.25°(約25公里×25公里)。採用降雨資料之BCSD統計降尺度的流程如圖4-5，首先將Aphrodite 降雨觀測資料與模式降雨資料皆轉換至2°×2°(約200公里×200公里)的網格解析度，再將要估計的模式降雨資料及同時間Aphrodite 降雨觀測資料排除後，把其他39 年的Aphrodite 降雨觀測與模式降雨資料皆做累積機率分佈 (CDFs)。之後藉由兩者累積機率分佈關係式進而做誤差的修正 (bias correction)，之後可得2°×2°誤差修正後的平均降雨。誤差修正後的平均降雨除上Aphrodite 2°×2°降雨氣候值，TCCIP 稱為因子(factor)，意即前述之降雨比值(RPm)。將因子降尺度至0.25°× 0.25°(約25公里×25公里)解析度，在乘上Aphrodite 0.25°×0.25°(約25公里×25公里)降雨氣候值，則得到做完統計降尺度後的降雨資料。

## (2) 未來降雨推估降尺度

未來降雨推估降尺度將歷史氣候40年的Aphrodite 降雨觀測資料與模式降雨資料做累積機率分佈 (CDFs)，來估計之後100年的降雨。其方法與降雨的歷史氣候降尺度相同。

**表 4-1 IPCC 網站提供之 GCM 模式資料綜整**

單位：西元

模式名稱	歷史氣候時間範圍	未來推估時間範圍
bccr_bcm2_0	1960-1999	2000-2099
cccma_cgcm3_1	1961-2000	2001-2100
cccma_cgcm3_1_t63	1961-2000	2001-2100
cnrm_cm3	1960-1999	2000-2099
csiro_mk3_0	1961-2000	2001-2100
csiro_mk3_5	1961-2000	2001-2100
gfdl_cm2_0	1961-2000	2001-2100
gfdl_cm2_1	1961-2000	2001-2100
giss_aom	1961-2000	2001-2100
giss_model_e_h	1961-2000	2001-2100
giss_model_e_r	1961-2000	2001-2100
iap_fgoals1_0_g	1961-2000	2001-2100
ingv_echam4	1961-2000	2001-2100
miroc3_2_hires	1960-1999	2000-2099
miroc3_2_medres	1961-2000	2001-2100
miub_echo_g	1961-2000	2001-2100
mpi_echam5	1961-2000	2001-2100
mri_cgcm2_3_2a	1961-2000	2001-2100
ukmo_hadcm3	1960-1999	2000-2099
ukmo_hadgem1	1960-1999	2000-2099
ipsl_cm4	1961-2000	2001-2100
inmcm3_0	1961-2000	2001-2100
ncar_ccsm3_0	1960-1999	2000-2099
ncar_pcm1	1960-1999	2000-2099

(資料來源：臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(2/3)成果報告，行政院國家科學委員會，99年。)

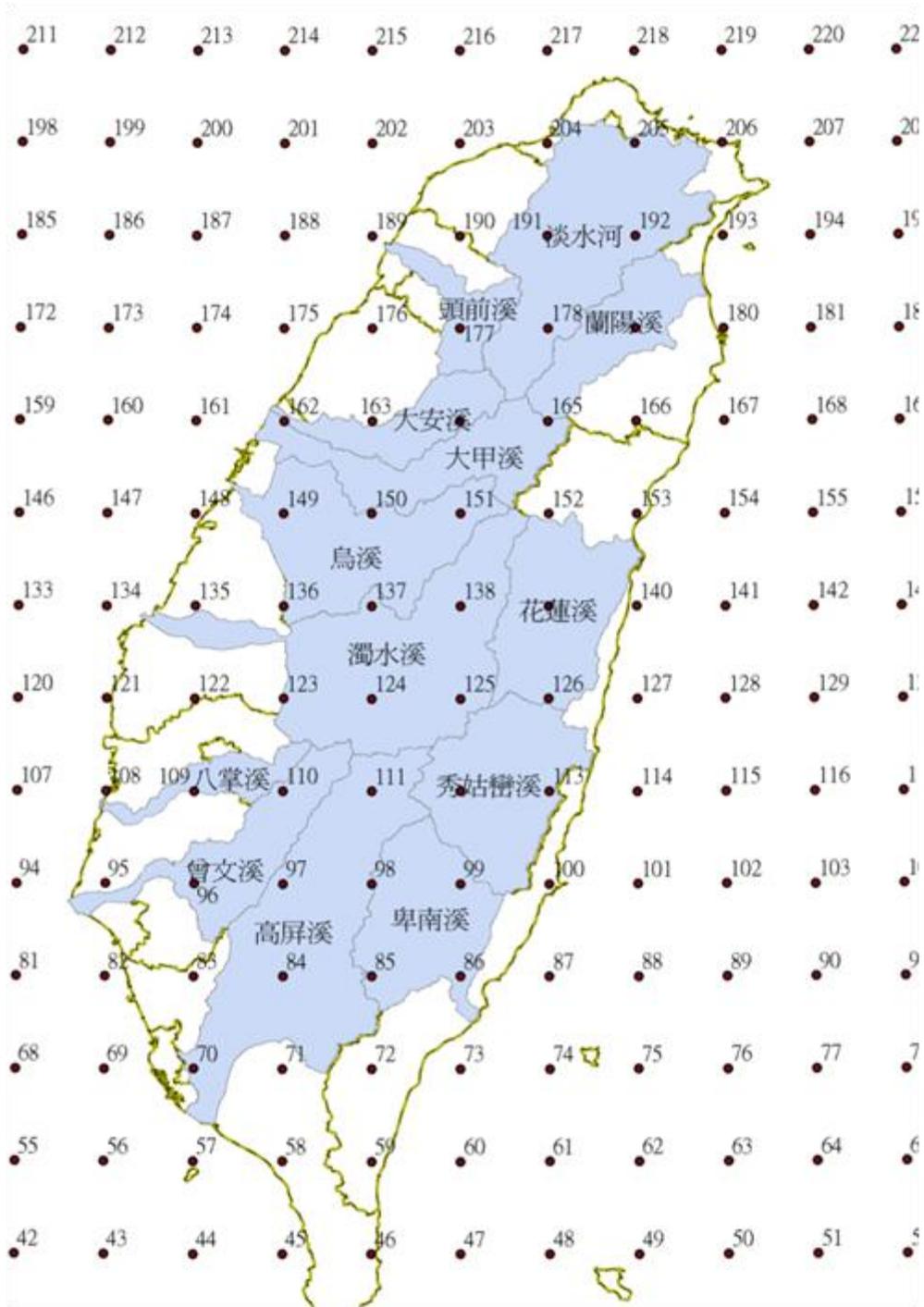
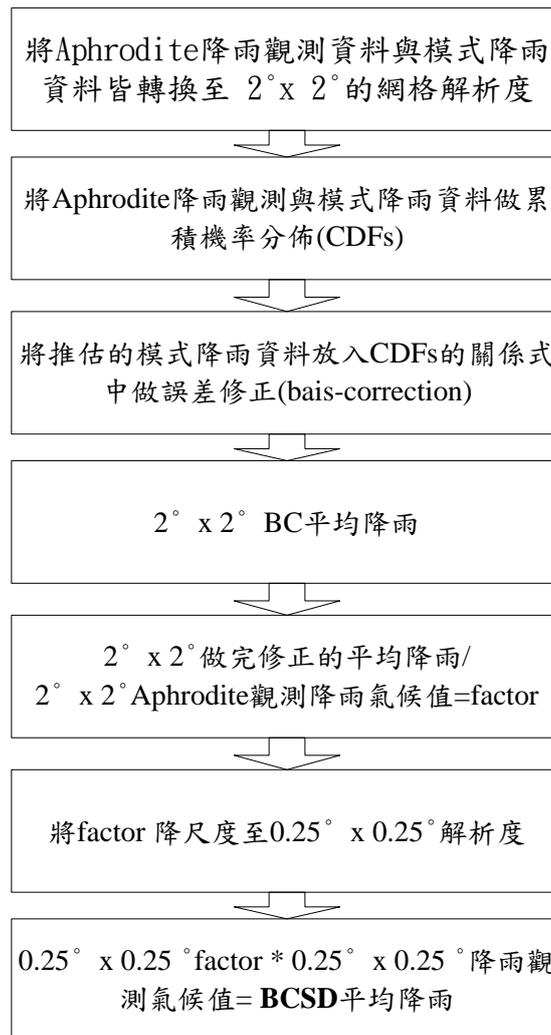


圖4-4 NCDR情境空間網格示意圖

(資料來源：臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(2/3)成果報告，行政院國家科學委員會，99年。)



**圖4-5 TCCIP採用-BCSD降雨統計降尺度分析流程**

(資料來源：臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(2/3)成果報告，行政院國家科學委員會，99年。)

### 3、大氣環流模式挑選流程

本計畫針對台灣中部區域進行GCM挑選，模式於挑選時主要考慮下列兩項準則：(1) GCM於豐枯水期的變化特性；(2) GCM在基期情境下模擬東亞季風的表現。透過此挑選流程，本計畫可篩選出適用於研究區域的GCM，並減少GCM的採用個數，以同時考慮具有代表性及精簡性的模式組合。

首先，本計畫以中部區域內主要水源設施的位置為基準，與TCCIP所提供的降尺度格點位置進行比對，將水源

設施對應至特定格點編號，再將全部格點內的降尺度結果取平均值，以求得足以代表中部區域的降尺度結果，中部區域內主要水源設施及其對應網格編號可參考表4-2。

**表 4-2 中部區域主要水源設施及其對應網格編號**

集水區	田美堰	明德水庫	打鹿坑堰	士林堰	鯉魚潭水庫	德基水庫
對應網格編號	176&177	176	163&164	164	163	165
集水區	大旗堰	桶頭堰	霧社水庫	水里溪	栗栖溪	陳有蘭溪
對應網格編號	150&151	123&124	151	137	138	124

圖4-6為A1B情境下24個GCM降尺度結果的豐枯變化情況，圖中橫軸代表豐水期情境雨量相較於基期雨量之增減百分比，而縱軸則代表枯水期情境雨量相較於基期雨量之增減百分比。其中，豐水期定義為5至10月，GCM於豐水期的變化特性則為此6個月份之平均值；而枯水期定義為11至4月，GCM於枯水期的變化特性則為此時段之平均值。

圖中落於第一象限的GCM以深藍色標記呈現，24個模式中中共有8個模式位於此區，此象限下未來情境雨量在豐、枯水期皆有增加的情況；落於第二象限的GCM以橘色標記呈現，24個模式中中共有2個模式位於此區，此象限下未來情境雨量在豐水期有減少情況，而枯水期則有增加情況；落於第三象限的GCM以棕色標記呈現，24個模式中中共有6個模式位於此區，此象限下未來情境雨量在豐、枯水期皆有減少的情況；落於第四象限的GCM以淡藍色標記呈現，24個模式中中共有8個模式位於此區，此象限下

未來情境雨量在豐水期有增加的情況，而枯水期則有減少的情況。

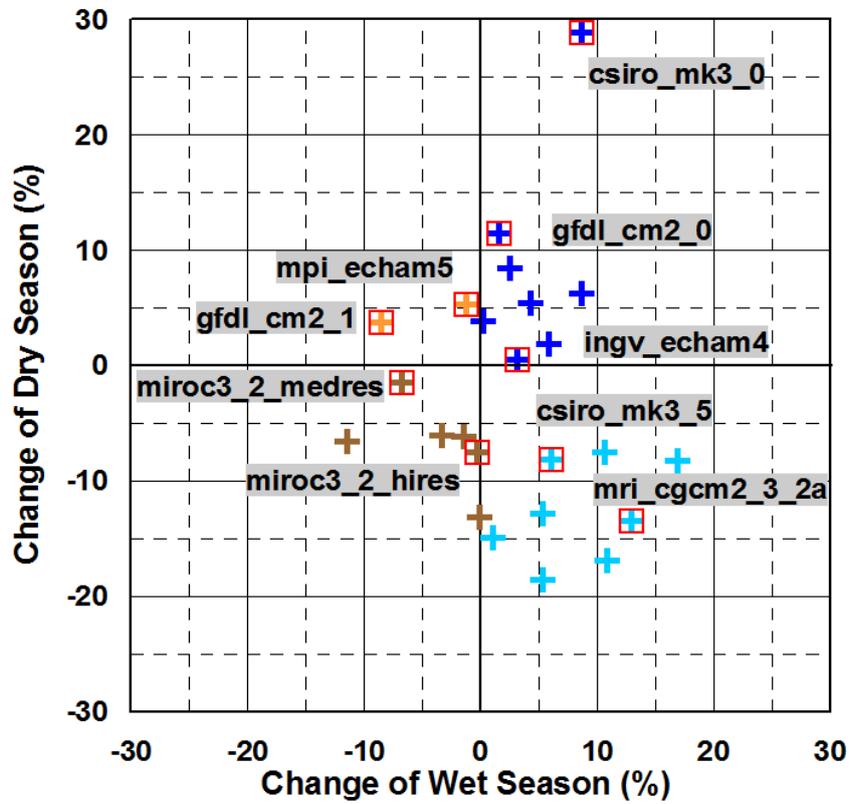


圖4-6 模擬結果與歷年東亞季風表現較一致之GCM

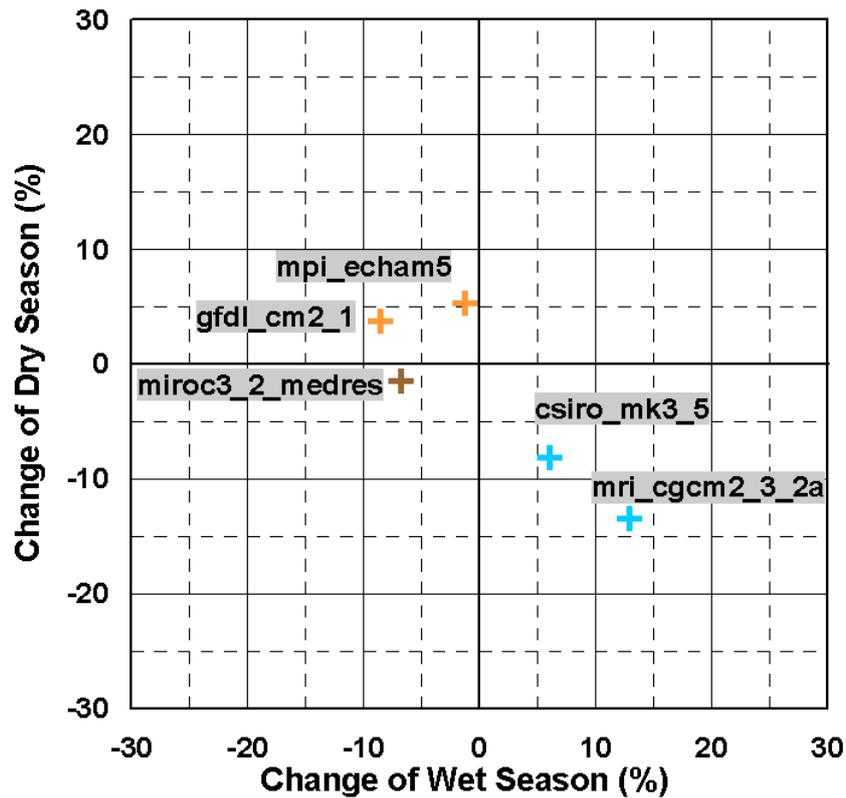


圖 4-7 本計畫採用 GCM 於豐枯水期之變化特性

此外，基期情境下 GCM 在東亞季風模擬值與歷年觀測值較為接近者則以方形標記，共計 9 個 GCM 於東亞季風表現較好，本計畫針對這 9 個模式，進而再以豐、枯水期的變化特性來進行 GCM 挑選，綜合考量 GCM 表現及豐、枯水期變化特性。

從水資源管理及調配的角度出發，第一象限的 GCM 在未來情境下豐、枯水期雨量皆有增加，有助於水資源系統穩定供水，惟本計畫希望探討、因應及調適氣候變遷對於水資源系統所帶來的負面影響，故落於第一象限的 GCM 皆不列入計畫考量，僅考慮其餘 3 個象限內表現較好之 6 個 GCM。此外，由於 miroc3\_2\_hires 模式並無提供 A2 情境之模擬結果，為考慮模式在情境資料上的完整性，故將 miroc3\_2\_hires 模式予以排除，經評估後決定採用

CSMK35、GFCM21、MIMR、MPEH5及MRCGCM，共計5個模式進行後續分析(詳如圖4-7)。

#### 4、氣象資料產生器

本計畫欲以氣象資料產生器繁衍短期(西元2020~2039年;民國109~128年)之雨量與溫度資料。氣象資料產生器透過降尺度(downscaling)處理後進一步將大氣模式預測資料應用於集水區模擬上，以大氣環流模式透過降尺度過程設定預設情境，修正氣象繁衍模式參數(溫度與降雨量月平均資料)，將修正後未來的溫度及降雨量資料代入氣象資料合成模式中，可模擬得未來氣候之各模式預測之日溫度與日降雨量資料。並利用目前的氣候資料帶入氣象資料合成模式，可模擬得現況之合成氣候資料，利用以上現況之合成氣象資料與氣候變遷預設情境合成氣象資料，便可分別進行現況與氣候變遷影響評估之模擬。

本計畫採用之溫度及降雨合成模式如(Tung and Haith, 1995)，簡單說明如下：

##### (1)日溫度模擬模式

未來氣候條件下日溫度之模擬，由月平均溫度，透過一階馬可夫鏈做模擬(Pickering et al, 1988；Tung, 1995)，其方程式如下：

$$T_i = \mu_{Tm} + \rho(T_{i-1} - \mu_{Tm}) + v_i \sigma_T \sqrt{1 - \rho^2} \quad \text{式 4 - 1}$$

方程式中 $T_i$ 為第 $i$ 天的溫度， $\mu_T$ 為該月平均溫度， $\rho$ 為該月份 $T_i$ 與 $T_{i-1}$ 之一階系列相關係數(First order serial correlation coefficient)。 $v_i$ 屬於 $N(0,1)$ (Normal sampling deviate)之隨機變數， $\sigma_T$ 為該月份之歷年資料標準偏差。

假設每月的第一天溫度以該月的月平均溫度代替進行日溫度之繁衍。

## (2)日降水量模擬模式

日雨量氣象繁衍模式之繁衍步驟分為兩部分：(1)利用乾濕日移轉機率決定降雨與否，(2)利用機率分布決定濕日降雨量之多寡。

### I.利用乾濕日移轉機率決定降雨與否

降雨與否之模擬以歷史日雨量資料的移轉機率統計特性為演算依據，統計各月中第 $t-1$ 日降雨(wet)時，第 $t$ 日降雨(wet)的機率，表示為 $P(W|W)$ ；各月中第 $t-1$ 日不降雨時(dry)，第 $t$ 日降雨(wet)的機率，表示為 $P(W|D)$ 。當每月第一天，模擬產生 $(0,1)$ 間之隨機亂數，當亂數值小於或等於該月發生降雨日的機率 $P(W)$ 時，表示此日為降雨日；若該亂數值大於該月發生降雨日的機率 $P(W)$ 時，表示此日為非降雨日。每月除第一日外，其餘日數利用前一日的降雨情形以機率方法決定為降雨或不降雨，方法如下：針對每日產生一筆隨機亂數值，若亂數值小於或等於 $P(W|W)$ 或 $P(W|D)$ 時，判定該日為降雨日；若亂數值大於 $P(W|W)$ 或 $P(W|D)$ 時，判定該日為非降雨日。

### II.利用機率分布決定濕日降雨量之多寡

降雨日的降雨量模擬，可由機率觀念將雨量套配至合適的機率分布予以模擬。首先由歷年資料分析研究區域的日雨量機率分布，並求取該機率分布之參數，以建立該機率分布的累積分布函數；接著即可以機率

觀點來模擬任一濕日的降雨量。模擬濕日降雨量時，先由隨機亂數產生器隨機產生一個介於0至1間之均勻分布亂數，此亂數即用來代表日雨量的累積機率值，再將此累積機率值代入日雨量的累積分布函數來推求日雨量值，即可模擬出日降雨量。對於氣候變遷情境下日雨量變化的考量，可利用降尺度分析所推估的雨量變化情形，調整累積分布函數之參數(本計畫為調整平均值)，則可用以模擬未來氣候變遷情境下的日雨量資料。

#### 5、氣候變遷下雨量之變化趨勢

本計畫針對中部區域集水區豐(5月~10月)、枯水期(11月~4月)之降雨量進行分析，並比較未來不同情境雨量相較於基期(西元1980~1999年;民國69~88年)雨量的改變情況。本計畫於GCM的部分採用csiro\_mk3\_5(以下以CSMK35簡稱)、gfdl\_cm2\_1(以下以GFCM21簡稱)、miroc3\_2\_medres(以下以MIMR簡稱)、mpi\_echam5(以下以MPEH5簡稱)及mri\_cgcm2\_3\_2a(以下以MRCGCM簡稱)模式在A1B、A2及B1情境下的短期(西元2020~2039年)推估結果。

圖4-8為田美堰集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。圖中的長條圖代表基期豐、枯水期降雨總量，各GCM在不同情境之豐、枯水期降雨總量則以符號標記。於豐水期的部分，情境下各模式推估結果較無一致的變化情況，僅MRCGCM模式在全部情境(A1B、A2及B1情境)下均指出集水區的豐水期雨量有增加情況；至於枯水期的部分，田美堰集水區在未來情境下大多數模式結果均指出

枯水期雨量有減少情況，尤其是CSMK35、GFCM21及MRCGCM模式在全部情境(A1B、A2及B1情境)下均指出集水區的枯水期雨量有減少的情況。但在A1B情境下MIMR和MPEH5模式指出雨量有增加情況，而在B1情境下則僅有MPEH5模式指出雨量有增加情況。

整體而言，田美堰集水區之豐水期雨量在未來有可能增加也有可能減少，並無一致的變化情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，共有3種模式結果指出無論在何種情境下，枯水期雨量均有減少的情況。

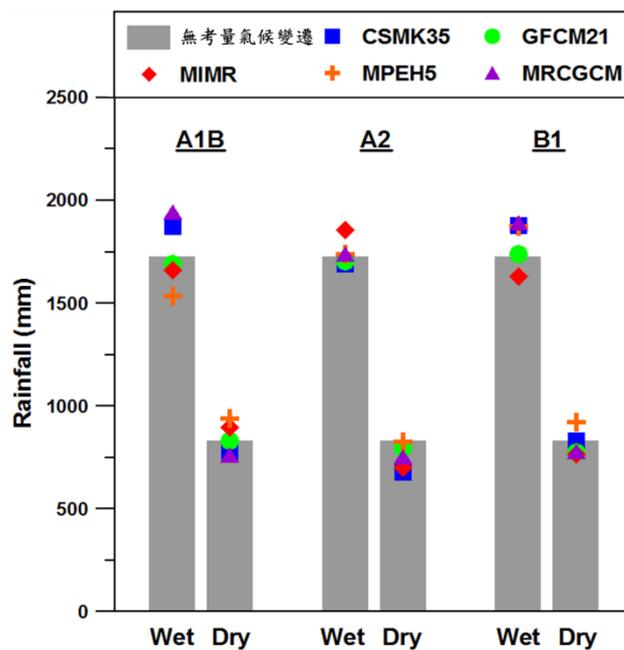


圖4-8 田美堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-9為明德水庫集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，情境下多數模式結果均指出集水區雨量有增加的情況，僅少數模式結果會有減少情況，如：在A1B情境下MIMR和MPEH5結果指出雨量有減少情況，而在A2及B1情境下則分別是CSMK35及MIMR模式指出雨

量有減少情況；至於枯水期的部分，明德水庫集水區在未來情境下大多數模式結果均指出枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，5種模式推估雨量皆有減少。但在A1B情境下，MIMR和MPEH5結果則有增加情況，而在B1情境則僅有MPEH5模式指出雨量有增加情況。

整體而言，明德水庫集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，尤其是在A2情境下，所有模式結果均指出枯水期雨量有減少的情況。

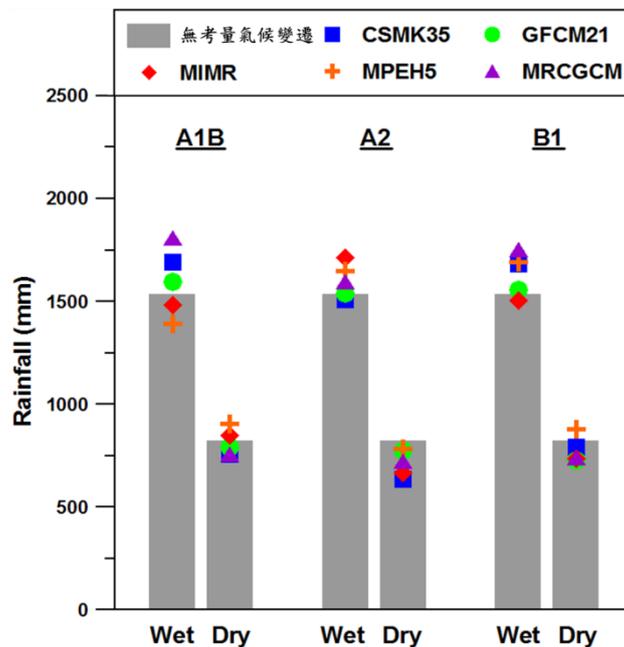


圖4-9 明德水庫集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-10為打鹿坑堰集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有增加的情況，惟A1B情境下GFCM21、MIMR及MPEH5模式結果有減少情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其在A2情境下，CSMK35、MIMR及MRCGCM

模式結果有明顯的減少。但在A1B情境下MIMR和MPEH5模式結果有略微增加的情況，而B1情境下MPEH5模式結果亦有增加的情況。

整體而言，打鹿坑堰集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，尤其是在A2情境下，CSMK35、MIMR及MRCGCM模式結果有明顯的減少。

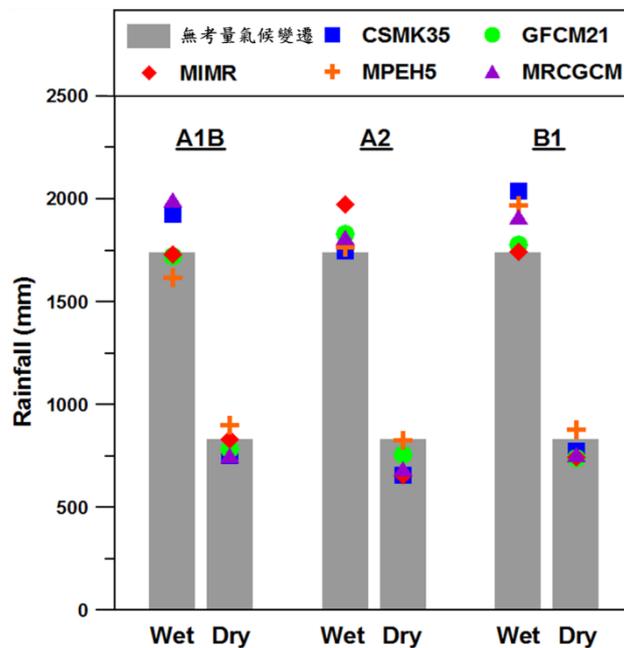


圖4-10 打鹿坑堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-11為士林堰集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有增加的情況，僅A1B情境下MPEH5模式、A2情境下CSMK35模式及B1情境下MIMR有略微減少情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，但MPEH5模式無論在何種情境下，其結果均指出雨量有增加情況。此外，在A1B

情境下，MIMR及GFCM21模式結果有略微增加的情況，而在B1情境下，亦有增加的情況。

整體而言，士林堰集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，惟MPEH5模式無論在何種情境下，其結果均指出雨量有增加情況。

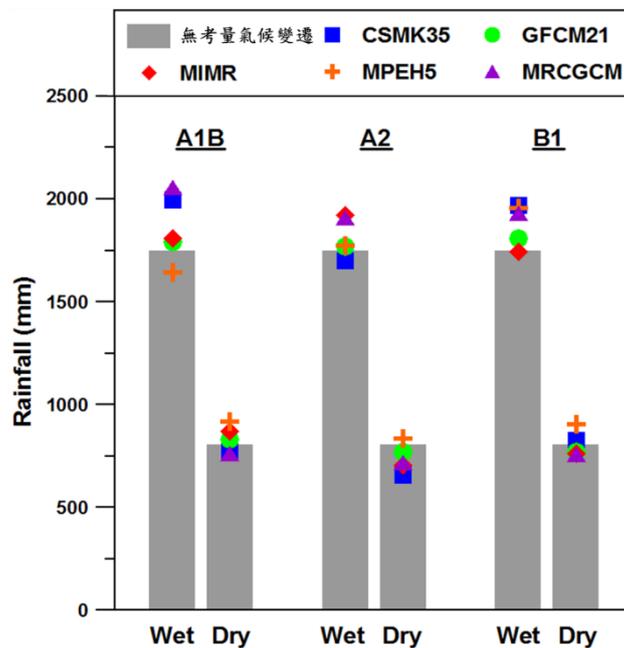


圖4-11 士林堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-12為鯉魚潭水庫集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下各模式結果較無一致的變化情況，雨量增加的模式數量與減少的模式數量相當；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，惟MPEH5模式在A1B及B1情境下，其結果指出雨量有增加情況。此外，在A1B情境下，MIMR模式結果亦有略微增加的情況。

整體而言，鯉魚潭水庫集水區之豐水期雨量在未來較無一致的變化情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況。

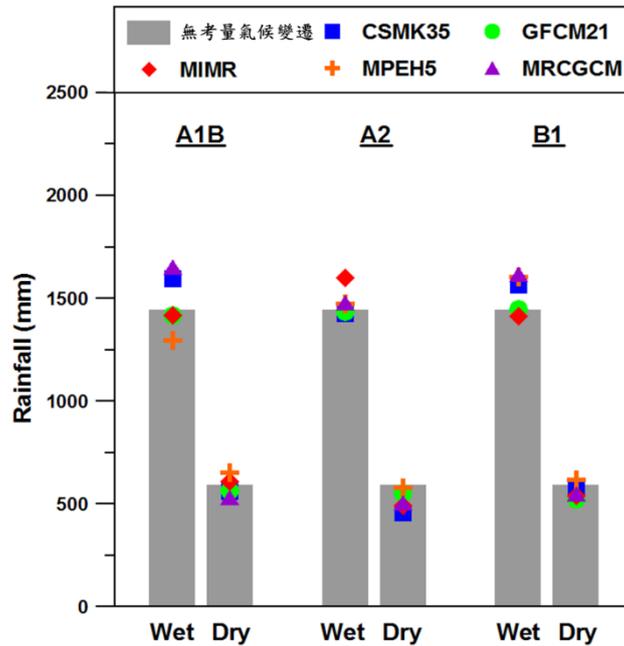


圖4-12 鯉魚潭集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-13為德基水庫集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有增加的情況，但在A1B情境下GFCM21、MIMR及MPEH5模式結果指出雨量有略微減少的情況，而A2情境下CSMK35模式結果以及B1情境下GFCM21與MIMR模式結果亦有略微減少情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，惟MPEH5模式在A1B及B1情境下，其結果指出雨量有增加情況。此外，在A1B情境下，MIMR模式結果亦有略微增加的情況。

整體而言，德基水庫集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況。

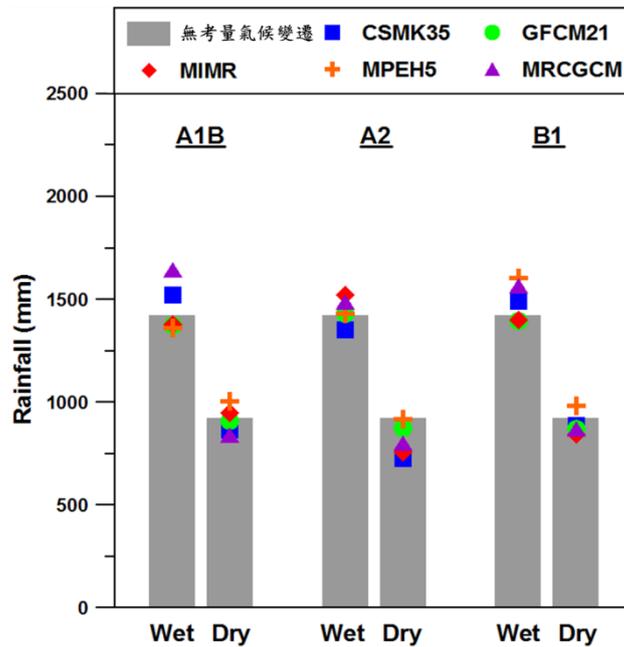


圖4-13 德基水庫集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-14為大旗堰集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下各模式結果較無一致的變化情況，雨量增加的模式數量與減少的模式數量相當。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，所有模式結果均指出雨量有減少情況。但在A1B情境下，所有模式結果均指出雨量有減少情況。但在A1B情境下MIMR與MPEH5模式結果則有略微增加的情況。此外，在B1情境下，CSMK35與MPEH5模式結果亦有略微增加的情況。

整體而言，大旗堰集水區之豐水期雨量在未來較無一致的變化情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，在所有情境下僅有4種模式結果指出雨量有略微增加的情況。

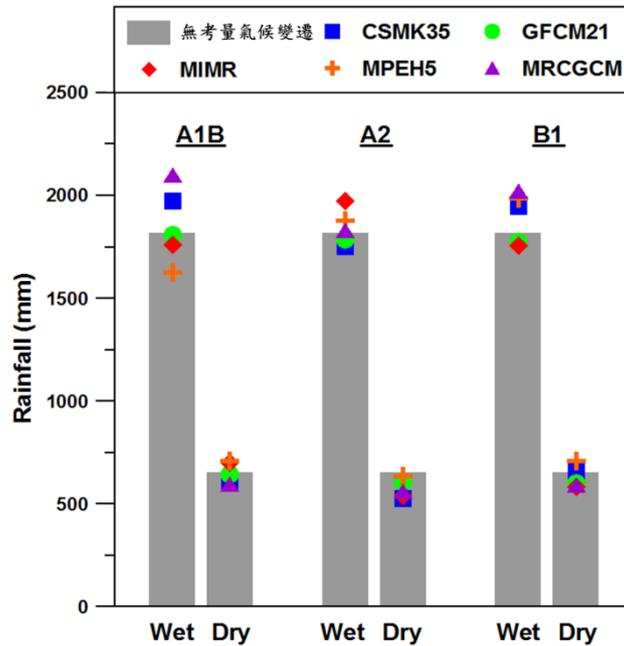


圖4-14 大旗堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-15為鳥嘴潭集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有增加情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，僅A1B及B1情境下的MPEH5模式有略微增加的情況。其中，在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

整體而言，鳥嘴潭集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期雨量在未來

則較有可能出現減少的情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

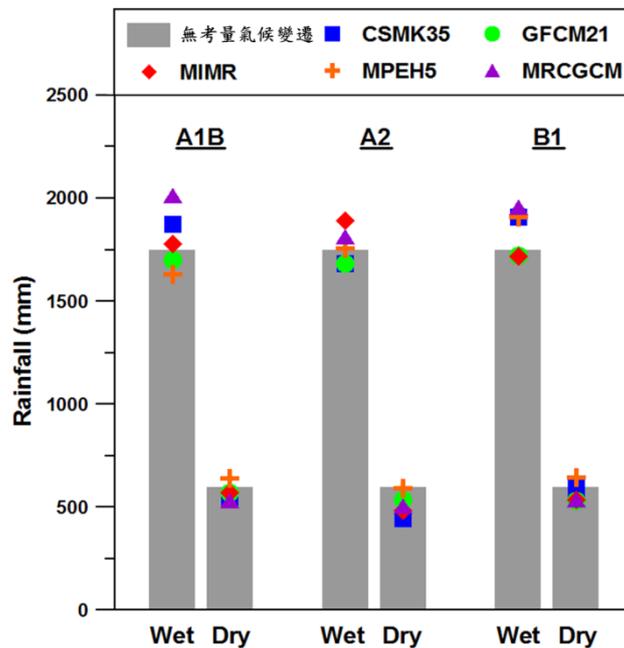


圖 4-15 鳥嘴潭集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-16為霧社水庫集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下各模式結果較無一致的變化情況，雨量增加的模式數量與減少的模式數量相當。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果有明顯的減少。但MPEH5模式無論在何種情境下，模式結果均指出枯水期雨量皆有增加的情況。

整體而言，霧社水庫集水區之豐水期雨量在未來較無一致的變化情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有

可能出現減少的情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果有明顯的減少。

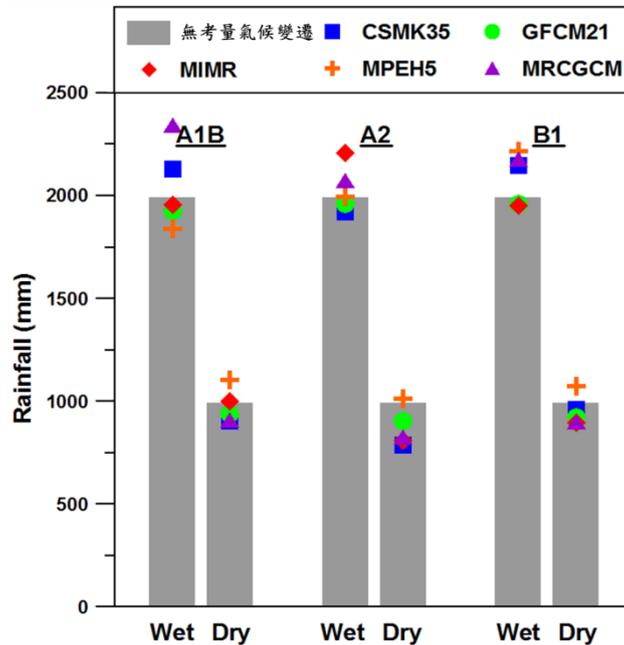


圖4-16 霧社水庫集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-17為水里溪集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有增加情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

整體而言，水里溪集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均指出枯水期雨量有減少的情況。

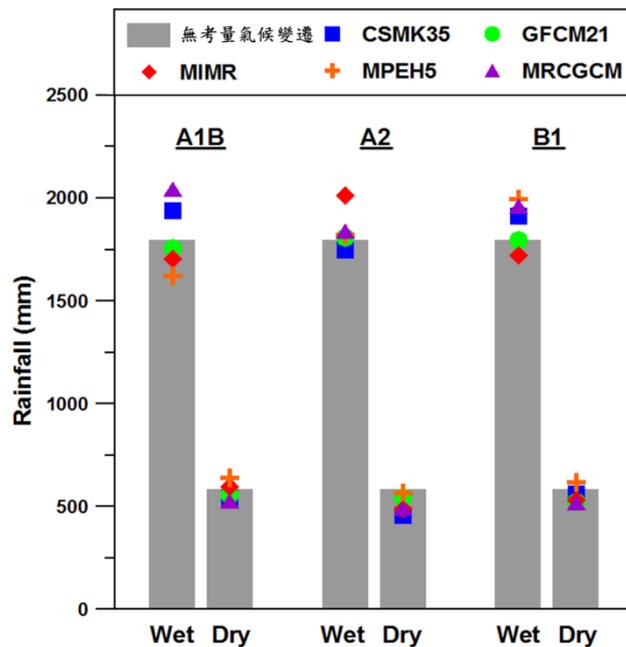


圖4-17 水里溪集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-18為栗栖溪集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下各模式結果較無一致的變化情況，雨量增加的模式數量與減少的模式數量相當。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

整體而言，栗栖溪集水區之豐水期雨量在未來較無一致的變化情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，在所有情境下僅有2種模式結果指出雨量有略微增加的情況，分別為A1B情境下的MPEH5模式及B1情境下的MPEH5模式。

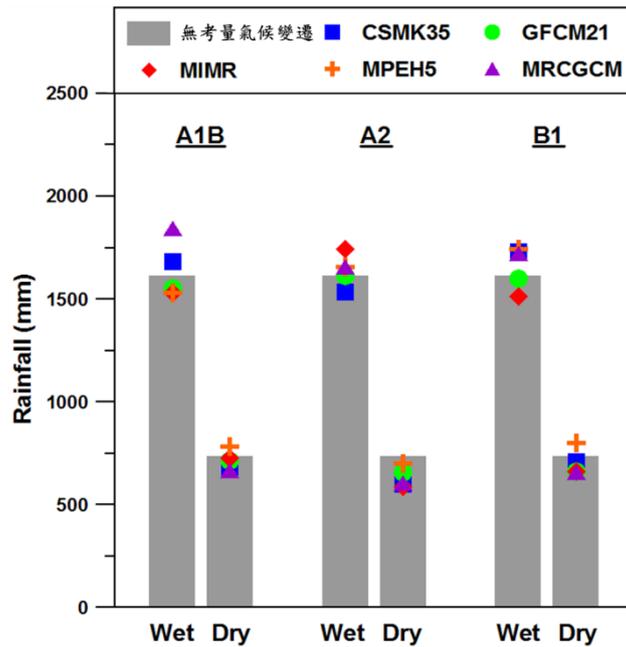


圖4-18 栗栖溪集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-19為陳有蘭溪集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有減少情況，雨量增加的模式數量與減少的模式數量相當。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

整體而言，陳有蘭溪集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況。其中，MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，在所有情境下僅有3種模式結果指出雨量有略微增加的情況，分別為A1B情境下的MPEH5與MIMR模式及B1情境下的MPEH5模式。

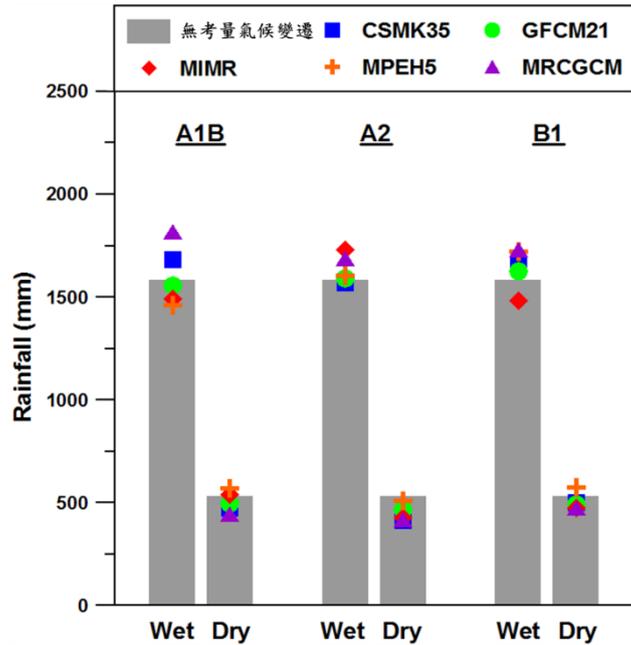


圖4-19 陳有蘭溪集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

圖4-20為桶頭堰集水區豐、枯水期情境雨量的變化情況。於豐水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區豐水期雨量有增加情況。其中，GFCM21與MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期的部分，未來情境下多數模式結果均指出集水區枯水期雨量有減少情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

整體而言，桶頭堰集水區之豐水期雨量在未來較有可能出現增加的情況。其中，GFCM21與MRCGCM模式無論在何種情境下，豐水期雨量皆有增加的情況；而枯水期雨量在未來則較有可能出現減少的情況，尤其是在A2情境下，整體模式結果均有減少的情況。

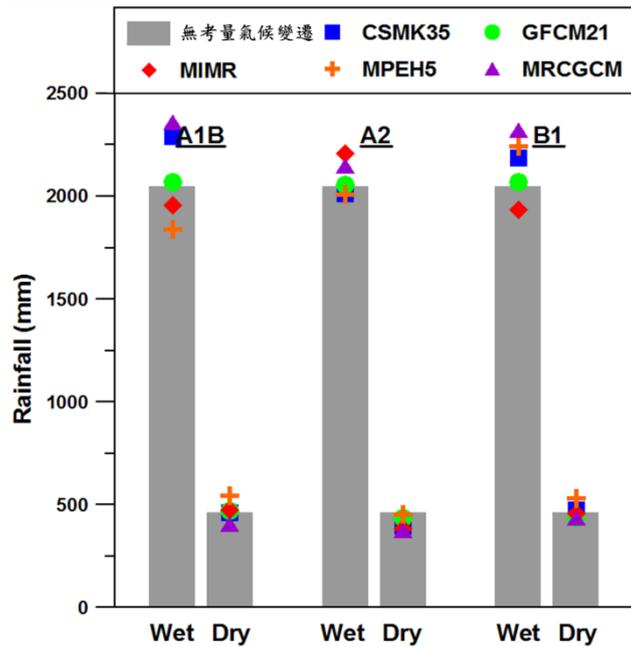


圖4-20 桶頭堰集水區豐、枯水期情境雨量變化情況

表4-3為中部區域各集水區在未來情境下豐、枯水期雨量之評估結果。就中部區域整體而言，在A1B情境下，CSMK35與MRCGCM模式結果指出：豐水期雨量有增加情況，而枯水期雨量則有減少情況；MIMR與MPEH5模式結果則指出：豐水期雨量有減少情況，而枯水期雨量有增加情況；GFCM21模式結果指出：無論是豐、枯水期中部區域整體雨量都有減少情況。在A2情境下，模式間結果則有較一致的變化，模式結果指出：中部區域整體雨量在豐水期有增加情況，而枯水期則有減少情況。在B1情境下，CSMK35、GFCM21與MRCGCM模式結果指出：豐水期雨量有增加情況，而枯水期雨量則有減少情況；MIMR模式結果指出：無論是豐、枯水期中部區域整體雨量都有減少情況；MPEH5模式結果指出：無論是豐、枯水期中部區域整體雨量都有增加情況。

整體而言，A1B情境下GFCM21模式結果及B1情境下MIMR模式結果均指出：無論是豐、枯水期中部區域整體雨量都有減少情況，中區水源的分配及調度在此情況下可能會變得更加困難。

**表 4-3 中部區域不同氣候情境下豐枯雨量變化趨勢綜合分析 (1/2)**

GCM 模式	情境	豐枯水期	田美堰	明德水庫	打鹿坑堰	士林堰	鯉魚潭水庫	德基水庫
CSMK35	A1B	豐水期	+8.7%	+10.3%	+10.5%	+14.0%	+10.5%	+7.0%
		枯水期	-6.4%	-7.8%	-9.3%	-3.2%	-4.7%	-6.2%
	A2	豐水期	-1.9%	-1.5%	+0.3%	-2.8%	-1.2%	-4.8%
		枯水期	-18.2%	-22.9%	-20.8%	-18.3%	-22.4%	-21.1%
	B1	豐水期	+9.0%	+9.8%	+17.0%	+12.6%	+8.5%	+5.0%
		枯水期	-0.2%	-3.7%	-6.8%	+3.0%	-2.3%	-4.0%
GFCM21	A1B	豐水期	-1.9%	+3.9%	-1.1%	+2.5%	-1.7%	-3.2%
		枯水期	-0.1%	-3.8%	-5.9%	+3.3%	-4.4%	-1.4%
	A2	豐水期	-1.1%	+0.4%	+5.1%	+1.2%	-0.6%	+0.8%
		枯水期	-4.4%	-5.6%	-9.0%	-4.1%	-6.2%	-5.3%
	B1	豐水期	+0.9%	+1.5%	+2.2%	+3.3%	+0.3%	-1.7%
		枯水期	-6.9%	-11.8%	-11.1%	-4.0%	-11.7%	-5.9%
MIMR	A1B	豐水期	-3.8%	-3.3%	-0.6%	+3.3%	-1.8%	-2.9%
		枯水期	+7.4%	+3.4%	+0.3%	+8.1%	+3.2%	+2.6%
	A2	豐水期	+7.6%	+11.7%	+13.3%	+9.8%	+10.9%	+7.2%
		枯水期	-15.7%	-19.1%	-20.8%	-12.5%	-16.3%	-18.1%
	B1	豐水期	-5.5%	-1.8%	+0.1%	-0.4%	-2.2%	-1.3%
		枯水期	-7.8%	-10.5%	-10.5%	-5.5%	-8.7%	-8.5%
MPEH5	A1B	豐水期	-11.1%	-9.2%	-7.1%	-6.0%	-10.3%	-4.2%
		枯水期	+12.7%	+10.0%	+8.5%	+14.3%	+10.3%	+8.5%
	A2	豐水期	+0.7%	+7.5%	+1.3%	+1.3%	+2.1%	+0.8%
		枯水期	-0.9%	-4.8%	-0.3%	+3.7%	-2.0%	-0.7%
	B1	豐水期	+8.6%	+10.2%	+13.1%	+11.8%	+11.1%	+13.1%
		枯水期	+11.0%	+7.2%	+6.1%	+12.6%	+4.4%	+6.6%
MRCGCM	A1B	豐水期	+12.6%	+7.3%	+17.9%	+14.7%	+17.6%	+14.5%
		枯水期	-8.5%	-9.8%	-7.8%	-9.5%	-5.4%	-10.1%
	A2	豐水期	+1.0%	-3.5%	+3.9%	+4.0%	+9.2%	+2.5%
		枯水期	-9.5%	-25.3%	-11.9%	-17.4%	-10.8%	-14.3%
	B1	豐水期	+9.7%	+9.4%	+14.3%	+9.8%	+10.5%	+12.1%
		枯水期	-6.6%	-0.7%	-10.1%	-8.7%	-6.0%	-7.2%

表 4-3 中部區域不同氣候情境下豐枯雨量變化趨勢綜合分析  
(2/2)

GCM 模式	情境	豐枯水期	大旗堰	烏嘴潭	霧社水庫	水里溪	栗栖溪	陳有蘭溪	桶頭堰
CSMK35	A1B	豐水期	+8.5%	-2.5%	+7.1%	+8.2%	+4.4%	+6.3%	+11.8%
		枯水期	-7.6%	-4.4%	-8.9%	-6.3%	-7.4%	-10.2%	-0.2%
	A2	豐水期	-3.6%	-3.7%	-3.4%	-2.5%	-4.8%	-0.8%	-1.8%
		枯水期	-19.8%	-10.1%	-20.6%	-21.2%	-18.0%	-22.2%	-14.0%
	B1	豐水期	+7.1%	-1.3%	+8.0%	+6.7%	+7.3%	+4.5%	+6.6%
		枯水期	+0.6%	-11.1%	-3.4%	-3.7%	-3.5%	-5.5%	+3.1%
GFCM21	A1B	豐水期	-0.5%	+1.8%	-3.2%	-2.0%	-3.8%	-1.5%	+1.0%
		枯水期	-1.9%	-4.4%	-5.3%	-4.4%	-3.1%	-6.3%	+2.0%
	A2	豐水期	-1.7%	+8.3%	-1.4%	+0.8%	+0.0%	+0.6%	+0.4%
		枯水期	-6.7%	-19.0%	-9.0%	-6.6%	-10.6%	-12.0%	-5.4%
	B1	豐水期	-2.6%	-1.7%	-1.5%	+0.1%	-0.7%	+2.7%	+1.0%
		枯水期	-7.9%	-10.6%	-7.3%	-10.0%	-9.7%	-7.5%	-5.4%
MIMR	A1B	豐水期	-3.2%	-6.5%	-1.6%	-4.9%	-5.1%	-5.7%	-4.4%
		枯水期	+7.2%	+7.3%	+0.7%	+2.8%	-1.3%	+1.6%	+3.4%
	A2	豐水期	+8.5%	+0.5%	+10.9%	+12.2%	+8.2%	+9.3%	+7.7%
		枯水期	-17.3%	-1.1%	-18.3%	-15.8%	-19.7%	-19.7%	-16.6%
	B1	豐水期	-3.6%	+9.4%	-1.8%	-4.1%	-6.1%	-6.2%	-5.5%
		枯水期	-10.6%	+7.6%	-9.9%	-9.0%	-10.0%	-10.6%	-0.3%
MPEH5	A1B	豐水期	-10.7%	+15.2%	-7.5%	-9.7%	-5.2%	-7.8%	-10.3%
		枯水期	+8.1%	-10.7%	+11.3%	+10.3%	+6.8%	+7.3%	+18.5%
	A2	豐水期	+3.3%	+3.8%	+0.4%	+1.6%	+2.8%	+1.4%	-1.9%
		枯水期	-2.9%	-15.4%	+2.2%	-3.0%	-4.3%	-4.1%	-1.3%
	B1	豐水期	+9.2%	+12.1%	+11.5%	+11.2%	+8.2%	+8.9%	+9.5%
		枯水期	+8.0%	-9.9%	+8.2%	+6.7%	+9.2%	+8.6%	+15.0%
MRCGCM	A1B	豐水期	+15.3%	+7.3%	+17.7%	+13.9%	+14.4%	+14.9%	+15.2%
		枯水期	-9.0%	-9.8%	-8.6%	-9.4%	-9.6%	-16.0%	-12.2%
	A2	豐水期	+0.7%	-3.5%	+4.3%	+2.6%	+2.9%	+6.7%	+4.9%
		枯水期	-14.0%	-25.3%	-16.8%	-15.4%	-17.5%	-21.1%	-18.3%
	B1	豐水期	+11.2%	+9.4%	+9.4%	+9.4%	+6.9%	+9.4%	+13.3%
		枯水期	-9.7%	-0.7%	-9.5%	-11.2%	-10.3%	-10.6%	-5.8%

## (二) 氣候變遷下河川流量變化趨勢

### 1、GWLF降雨逕流模式

一般降雨逕流模式可分為適用於事件型流量或長期流量，前者多僅考量入滲和蒸發損失，忽略地下水補注基流量，後者則須綜合考量入滲、蒸發和地下水補注基流量。本計畫水資源管理主要著重於長期流量，故採用Haith與Shoemaker所發展之GWLF模式進行估算，其模擬演算精度採「日」尺度，本計畫將採用試誤法進行參數率定，其理論說明如下：

對地球而言水循環可視為封閉系統，然地球存在許多次系統，其雖不是封閉系統，但在此系統中可藉由水之收支平衡計算水文中各項單元。集水區主要水收支平衡之輸入為降雨；當雨水降落下來部份會被樹、草地、地表植被等截留，此部份水分最後以蒸發回到大氣中；到達地表之水，有部份會填滿窪蓄容量、有部份入滲於土壤中、有部份形成地表逕流。入滲之水分可補充土壤水分，土壤水分可繼續往下移動以補注地下水，或由蒸發散將水分帶入大氣中。集水區之總輸入水量可由落在其範圍內所有降雨所求得，總輸入水量藉由蒸發散或河川流量帶離集水區，河川流量包括地表逕流、與地下水流。此模式將集水區的水平衡模式分為地表、未飽和層及淺層飽和含水層三個主要部分，其系統水平衡收支關係如圖4-21。

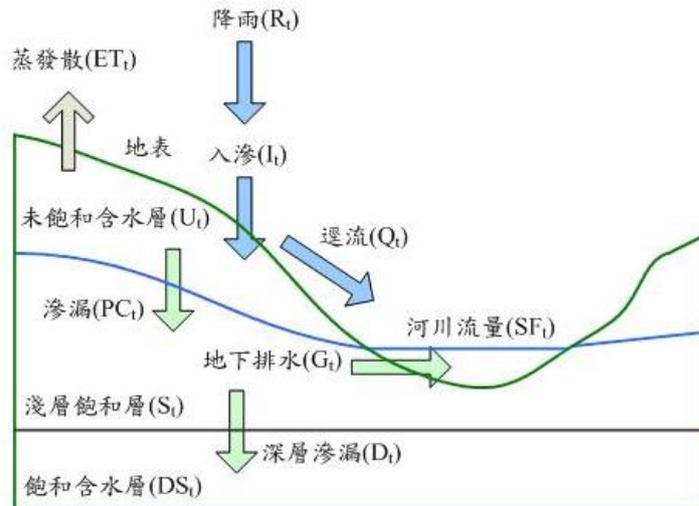


圖4-21 GWLF模式水平衡關係示意圖

(1)地表逕流

集水區系統中的入流為降水，當降水 ( $R_t$ ) 至地面後，一部份的水經由入滲量 ( $I_t$ ) 至未飽和含水層中，然而另一部份則成為地表逕流 ( $Q_t$ )，集水區河川流量 ( $SF_t$ ) 來源，主要為地表逕流 ( $Q_t$ ) 及地下水排出所形成基流 ( $G_t$ )，可由下式4-2表示：

$$SF_t = Q_t + G_t \quad \text{式 4-2}$$

其中地表逕流 ( $Q_t$ ) 估算採用美國水土保持局 (SCS, Ogrosky and Mockus, 1964) 之曲線值法 (Curve Number Method)，此種方法在計算地表逕流時可合理的反應土地利用方式及土壤水分含量。地表逕流計算方式如下：

$$Q_t = \frac{(R_t - 0.2W_t)^2}{(R_t + 0.8W_t)} \quad \text{式 4-3}$$

$$W_t = \frac{2540}{CN_t} - 25.4 \quad \text{式 4-4}$$

$$R_t \geq 0.2W_t \quad \text{式 4-5}$$

$$CN \leq 100$$

式 4 - 6

其中， $R_t$ 為每日降雨量（cm）；CN為逕流係數，逕流係數反應各土地利用、土壤質地或排水特性、及臨前土壤水分的不同，其值需由臨前五天土壤水份所對應之值求得，CN值較大表示臨前土壤水份越高入滲量則越少，即較多水份可成為逕流，CN值較小表示臨前水份較少，則入滲較大，逕流較小。模式之逕流係數（CN）依臨前土壤水份分為三類，分別為CN3（溼潤情況）、CN2（平均情況）、CN1(乾燥情況)，其中CN2值則依照土壤分類與土地利用決定，美國水土保持局土壤類別分為A、B、C、D四類別，其分類與台灣水土保持局土壤質地分類之對照說明如表4-4所示，各土壤類別不同土地利用下之CN2建議值如表4-5所示。CN1與CN3之值則是根據Chow et al. (1988)，計算方式如下。

$$CN1 = \frac{4.2 CN2}{10 - 0.058 CN2} \quad \text{式 4 - 7}$$

$$CN3 = \frac{23 CN2}{10 + 0.13 CN2} \quad \text{式 4 - 8}$$

模式將臨前五天土壤水分（ $A_t$ ）分為高、中、低三個區間，以AM1和AM2為界，AM1、AM2會隨季節不同如表4-6所示，逕流係數（CN）由CN1、CN2、CN3並根據臨前五天土壤水分求得，臨前五天土壤水分小於AM1時，CN由CN1、CN2內差求得，臨前五天土壤水分大於AM1並小於AM2時，CN由CN2、CN3內差求得，臨前五天土壤水分大於AM2時，CN等於CN3，計算方式如下。

$$CN = CN1 + \frac{(CN2 - CN1)}{AM1}(A_i) \quad \text{if } A_i \leq AM1 \quad \text{式 4-9}$$

$$CN = CN2 + \frac{(CN3 - CN2)}{AM2 - AM1}(A_i - AM1) \quad \text{if } AM1 < A_i \leq AM2 \quad \text{式 4-10}$$

$$CN = CN3 \quad \text{if } AM2 < A_i \quad \text{式 4-11}$$

表 4-4 土壤分類對照表

本省分類代碼	表土質地分類	美國水土保持局分類
0	粗砂土、砂土	A
1	細砂土、壤質砂土、壤質粗砂土	A
2	壤質細砂土、粗砂質壤土、砂質壤土、細砂質壤土	B
3	極細砂土、壤質極細砂土、極細砂質壤土	A
4	粉質壤土、粉土	B
5	壤土	B
6	砂質粘壤土	C
7	粘質壤土、粉質粘壤土	C
8	粉質壤土、砂質黏土	D
9	黏土	D

**表 4-5 不同土壤分類與土地利用情況下之 CN2 建議值**

土地利用情形	土壤分類			
	A	B	C	D
耕地：				
無保護措施	72	81	88	91
有保護措施	62	78	78	81
牧草地或放牧地：				
不良情況	68	79	86	89
良好情況	39	61	74	80
草地：良好情況	30	58	71	58
森林：				
稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	45	66	77	83
良好覆蓋	25	55	70	77
空地、林間空地、公園、高爾夫球場、墓地等：				
良好情況：草地護蓋超過 75% 之面積	39	61	74	80
稍好情況：草地護蓋 50~75% 之面積	49	69	79	84
商業區(85%面積不透水)	89	92	94	95
工業區(72%面積不透水)	81	88	91	93
住宅：				
≤ 1/8 英畝(506m <sup>2</sup> ) 65%	77	85	90	92
1/4 英畝(1012m <sup>2</sup> ) 38%	61	75	83	87
1/3 英畝(1349m <sup>2</sup> ) 30%	57	72	81	86
1/2 英畝(2024m <sup>2</sup> ) 25%	54	70	80	85
1 英畝(4047m <sup>2</sup> ) 20%	51	68	79	84
鋪石(混凝土或柏油)、停車場、屋頂、道路等	98	98	98	98
街道	98	98	98	98
鋪石(混凝土或柏油)道路及雨水下水道	76	85	89	91
碎石道路 泥土道路	72	82	87	89

**表 4-6 AM1 與 AM2 值**

臨前五天降雨量	生長季 (公分)	非生長季 (公分)
AM1	3.6	1.3
AM2	5.3	2.8

(資料來源：永續性水質管理系統受氣候變遷影響之脆弱度評估，王世為，2006)

降水經由入滲由地表至未飽和含水層，入滲量 ( $I_t$ ) 計算方式為降水 ( $R_t$ ) 扣除地表逕流 ( $Q_t$ )，可由下式4-12表示：

$$I_t = R_t - Q_t \quad \text{式 4-12}$$

## (2) 未飽和含水層

經由入滲之水量將先行補充未飽和層之土壤水分，當未飽和層之土壤水分超過土壤最大含水量時，其部分水分將滲漏至淺層飽和含水層。另外，未飽和層之土壤水分亦可能因蒸發散而被帶離土壤，未飽和層之水平衡式可由下式4-13表示：

$$U_{t+1} = U_t + I_t - ET_t - PC_t \quad \text{式 4-13}$$

其中 $U_t$ 是未飽和層高於凋萎點之土壤水分含量， $ET_t$ 是蒸發散量，而 $PC_t$ 是滲漏量，式中所用的單位為cm/day。

未飽和含水層滲漏至淺層飽和含水層之水量 ( $PC_t$ )，物理機制在於未飽和含水層土壤水分大於田間含水量，即是指高於田間含水量經由重力向下排出至淺層飽和層之水分，可由式4-14計算：

$$PC_t = \text{Max} [0, U_t + I_t - ET_t - U^*] \quad \text{式 4-14}$$

其中 $U^*$ 是最大土壤水分容量，即田間含水量減去凋萎點間之水分容量，單位為cm/day。

蒸發散量 ( $ET_t$ ) 則受大氣、地表覆蓋特性及土壤水分之影響，可由下式決定：

$$ET_t = \text{Min} [k_{st} \times k_{ct} \times PET_t, U_t + I_t] \quad \text{式 4 - 15}$$

蒸發散量( $ET_t$ )估算的方法為以潛勢能蒸發散量( $PET_t$ )乘上一個覆蓋係數( $K_{ct}$ )和一個土壤水分因子( $K_{st}$ )計算，但其易受限於未飽和層之可利用之水分，因此取蒸發散量與未飽和層水分之較小值，為估算之蒸發散量，其中覆蓋係數( $K_{ct}$ )決定於土地利用方式。

在式 4 - 15 中之土壤水分因子 ( $K_{st}$ ) 則採用 Boonyatharokol and Walker (1979) 之公式進行計算，可由下式 (式4 - 16、式4 - 17) 表示：

$$k_{st} = 1 \quad \text{if } U_t \geq 0.5U^* \quad \text{式 4 - 16}$$

$$= \frac{U_t}{0.5U^*} \quad \text{if } U_t < 0.5U^*$$

在GWLF模式中潛勢能蒸發散量由Hamon公式進行計算：

$$PET_t = \frac{0.021 H_t^2 e_{0t}}{T_t + 273} \quad \text{式 4 - 17}$$

其中 $PET_t$ 是第t天潛勢能蒸發散量， $H_t$ 是在第t天的日照時間（時），其值如表4-7所示， $e_{0t}$ 是飽和蒸氣壓， $T_t$ 是日平均溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ），飽和蒸氣壓（ $e_{0t}$ ）是溫度之函數，由下列方程式決定：

$$e_{0t} = 33.8639 [(0.00738 \times T_t + 0.8072)^8 - 0.000019 \times |1.8 \times T_t + 4.8| + 0.00136] \quad \text{式 4 - 18}$$

### (3)淺層飽和含水層

淺層飽和含水層之水平衡關係可由下列方程式表示：

$$S_{t+1} = S_t + PC_t - G_t - D_t \quad \text{式 4-19}$$

其中 $S_t$ 是淺層飽和含水層之土壤水分含量， $PC_t$ 是由未飽和含水層滲漏至淺層飽和含水層之水量， $G_t$ 是由淺層飽和含水層滲漏至河川之水量，而 $D_t$ 是入滲至深層飽和含水層之水量，在本研究中因入滲至深層飽和含水層之水量（ $D_t$ ）量很小，將其值假設為零，式中所用的單位為cm/day。

$G_t$ 之計算係考慮淺層飽和含水層為一線性水庫，計算方式可由下式4-20表示：

$$G_t = r \times S_t \quad \text{式 4-20}$$

其中 $r$ 為退水係數，一般介於0.01至0.2之間。

**表 4-7 各緯度每月日照時數**

月份	日照時數 (小時)			月份	日照時數 (小時)		
	28	26	24		28	26	24
1月	10.5	10.6	10.7	7月	13.5	13.4	13.3
2月	11.1	11.1	11.2	8月	13	12.9	12.8
3月	11.8	11.8	11.9	9月	12.1	12.1	12.1
4月	12.7	12.6	12.6	10月	11.3	11.4	11.4
5月	13.4	13.2	13.1	11月	10.6	10.7	10.9
6月	13.7	13.6	13.4	12月	10.3	10.4	10.6

註：緯度（北緯°）

（資料來源：永續性水質管理系統受氣候變遷影響之脆弱度評估，王世為，2006。）

## 2.GWLF模式參數檢定

本計畫針對中部區域內之重要河川，利用流量站與雨量站觀測資料進行GWLF參數檢定，各流量站與雨量站資料說明整理如表4-8所示。本計畫針對CN2、覆蓋係數、

起始未飽和層含水量、起始飽和層含水量、退水係數、深層滲漏率及根層土壤含水量等參數以試誤法進行檢定，依據前節所述設定參數範圍，以誤差均方根值(RMSE)、誤差均方根值百分比(RMSE %)與判定係數(coefficient of determination，以 $R^2$ 表示)及觀測與模擬年均流量比較等，進行參數檢定。誤差均方根值(RMSE)以逕流深度表示，RMSE與RMSE %計算式如下述：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{Q_o}{A} - \frac{Q_s}{A} \right)^2}{M}} \quad \text{式 4 - 21}$$

$$RMSE \% = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{\frac{Q_o}{A} - \frac{Q_s}{A}}{\frac{Q_o}{A}} \right)^2}{M}} \quad \text{式 4 - 22}$$

其中 $Q_o$ 為年平均觀測流量， $Q_s$ 為年平均模擬流量， $A$ 為集水區面積， $M$ 為資料筆數。

經試誤法得到各測站參數設定值如表4-9所示。相關GWLF模擬結果整理如表4-10所示。結果顯示，除了水里溪之檢定誤差RMSE與RMSE%略高外，其餘各水工結構物之檢定誤差RMSE皆在4.44mm/day以下，RMSE%皆在0.78以下。另外，各水工結構物之實測與模擬的年平均流量誤差皆在23%內，且判定係數 $R^2$  (coefficient of determination)皆高於0.70。各站模擬流量與觀測流量之分布如圖4-22~圖4-33所示，由分析結果，可知各水工結構

物模擬流量與觀測流量趨勢分布相當一致。結果證明檢定之參數確實可應用於中部區域逕流量之推估。

表 4-8 中部區域各站之統計與氣象資料

地區	流域	水工結構物	鄰近流量站	鄰近雨量站	集水區面積(公頃)	平均高程(m)
苗栗	南庄溪	田美堰	永興橋 打鹿坑	南庄(1) 橫龍山 大河	14,333.12	947.72
	後龍溪	打鹿坑堰	打鹿坑	橫龍山 松安	23,962.24	832.00
	老田寮溪	明德水庫	打鹿坑 明德水庫	大河 南庄(1) 橫龍山	6,108.00	360.50
台中	大安溪	士林堰	卓蘭 象鼻(3)	象鼻(1) 松安	41,470.88	2,044.00
	景山溪	鯉魚潭水庫	鯉魚潭 義里	新開國小 坪林國小 鯉魚潭	5,345.00	499.00
	大甲溪	德基水庫	德基水庫	桃山 合歡啞口 松茂	52,210.00	1,707.00
彰雲投	水里溪	—	西巒 萬大	加走寮溪 水里站	8,022.00	676.23
	清水溪	桶頭堰	桶頭(2)	草嶺(2)	25,415.20	1,192.13
	濁水溪	霧社水庫	濁水溪規 劃報告 霧社水庫	靜觀 雲海 萬大	21,900.00	2,050.00
	栗栖溪	—	關門 萬大	青雲站 霧社溪	4,700.00	1,894.89
	陳有蘭溪	—	西巒 東埔	濁水溪規 劃報告 內茅埔	167,598.00	1,582.15
	烏溪	—	烏溪橋	清流(1) 惠蓀(2) 北山(1)	105,104.00	651.00

**表 4-9 中部區域 GWLF 模擬參數之設定**

水工結構物	CN2	覆蓋係數	起始未飽和層含水量 (cm/day)	起始飽和層含水量 (cm/day)	退水係數	深層滲漏率	根層土壤含水量
田美堰	72	0.8	3	6	0.04	0	5
打鹿坑堰	55	0.8	3	6	0.04	0	5
明德水庫	85	0.7	3	6	0.04	0	5
士林堰	72	0.8	3	6	0.04	0	5
鯉魚潭水庫	88	0.6	3	6	0.04	0	5
德基水庫	60	0.8	3	6	0.04	0	5
水里溪	60	0.7	3	6	0.04	0	5
桶頭堰	81	0.5	3	6	0.04	0	5
霧社水庫	70	0.5	6	12	0.04	0	10
栗栖溪	45	0.8	3	6	0.04	0	5
陳有蘭溪	60	0.5	3	6	0.02	0	5
烏溪	35	0.7	3	6	0.08	0.1	5

**表 4-10 中部區域 GWLF 模擬分析成果**

水工結構物	RMSE (mm/day)	RMSE %	年平均觀測流量 (萬立方公尺/年)	年平均模擬流量 (萬立方公尺/年)	判定係數(R <sup>2</sup> )
田美堰	2.99	0.73	26,514.02	28,219.98	0.85
打鹿坑堰	2.47	0.67	44,731.73	46,940.02	0.91
明德水庫	3.02	0.55	10,864.64	10,811.98	0.87
士林堰	3.46	0.56	99,831.10	91,874.14	0.88
鯉魚潭水庫	4.44	0.77	10,106.59	8,048.58	0.79
德基水庫	2.16	0.50	82,538.37	99,280.32	0.89
水里溪	5.23	2.38	17,544.28	13,495.27	0.70
桶頭堰	2.71	0.60	55,993.08	50,432.15	0.95
霧社水庫	3.03	0.37	64,246.59	58,269.82	0.94
栗栖溪	2.60	0.65	8,397.70	8,575.22	0.83
陳有蘭溪	2.51	0.61	290,490.43	291,461.88	0.84
烏溪	2.19	0.78	142,211.25	142,173.5412	0.90

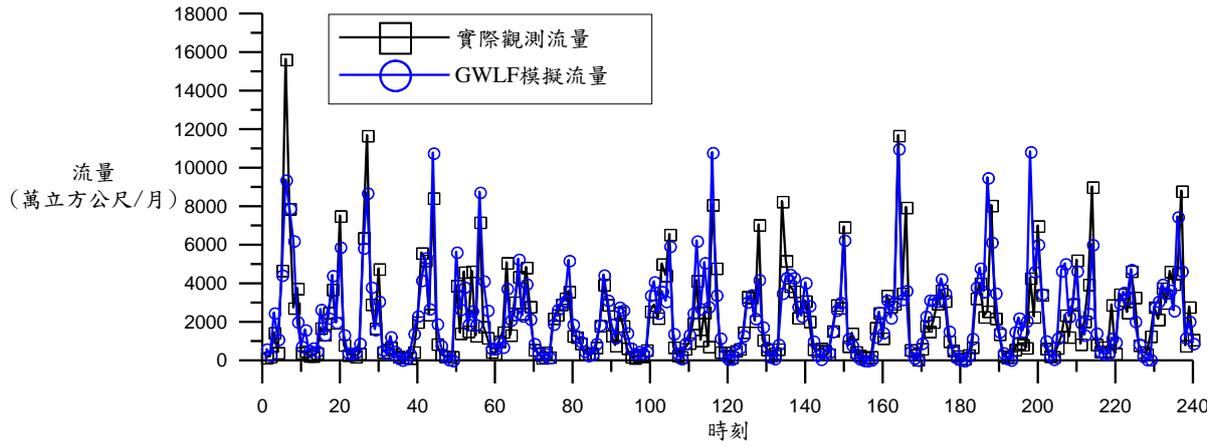


圖4-22 田美堰模擬結果

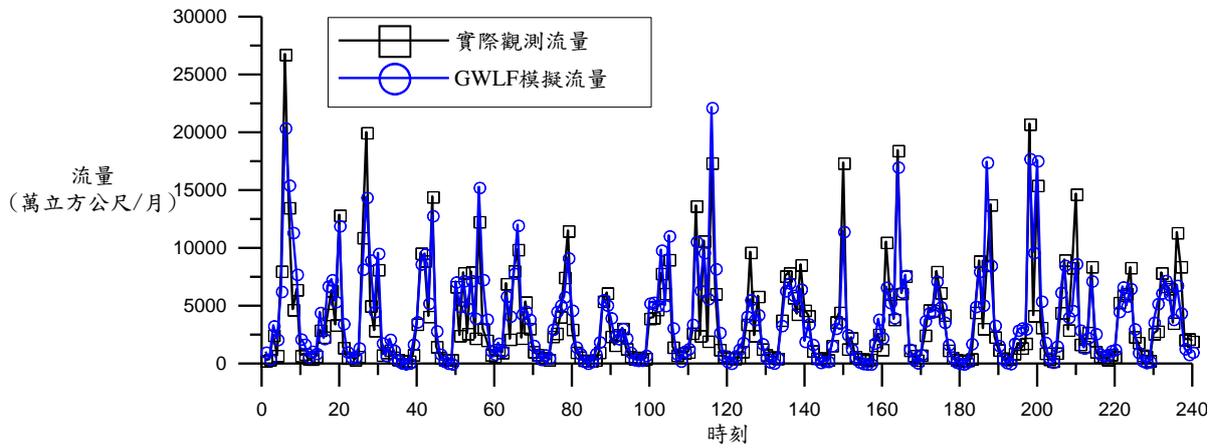


圖4-23 打鹿坑堰模擬結果

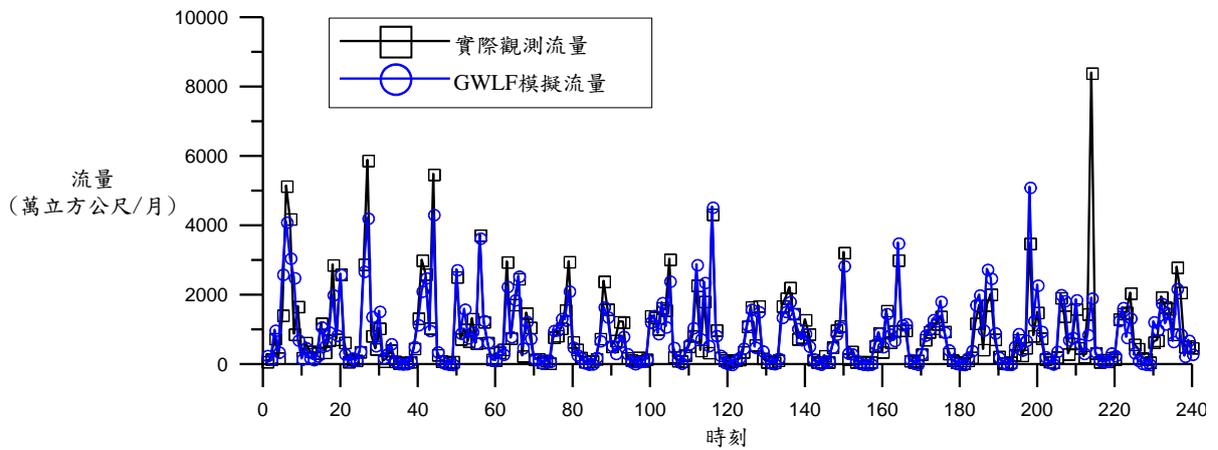


圖4-24 明德水庫模擬結果

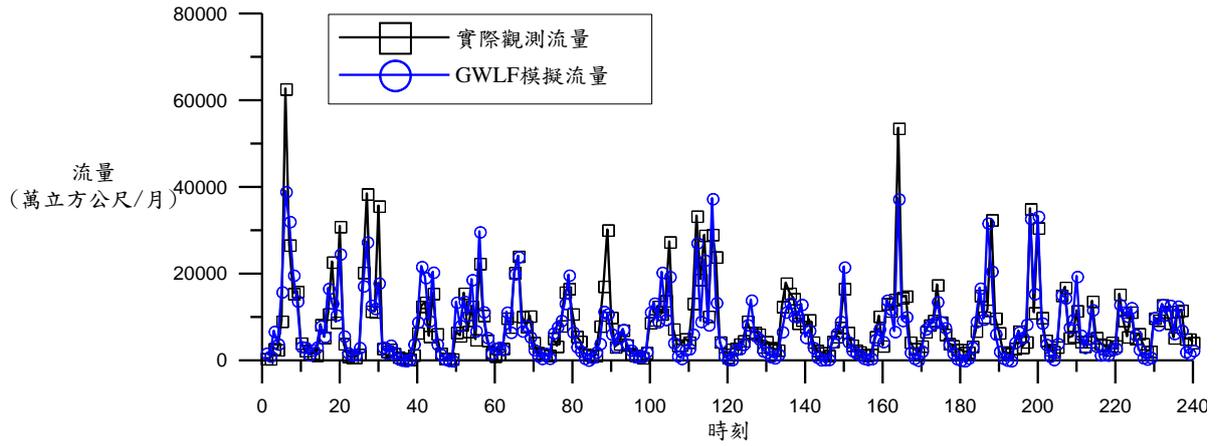


圖4-25 士林堰模擬結果

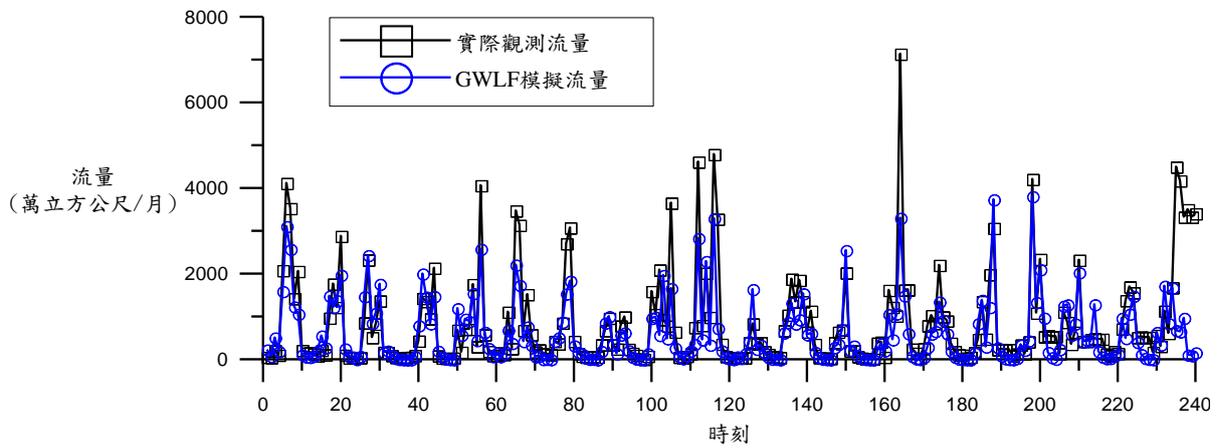


圖4-26 鯉魚潭水庫模擬結果

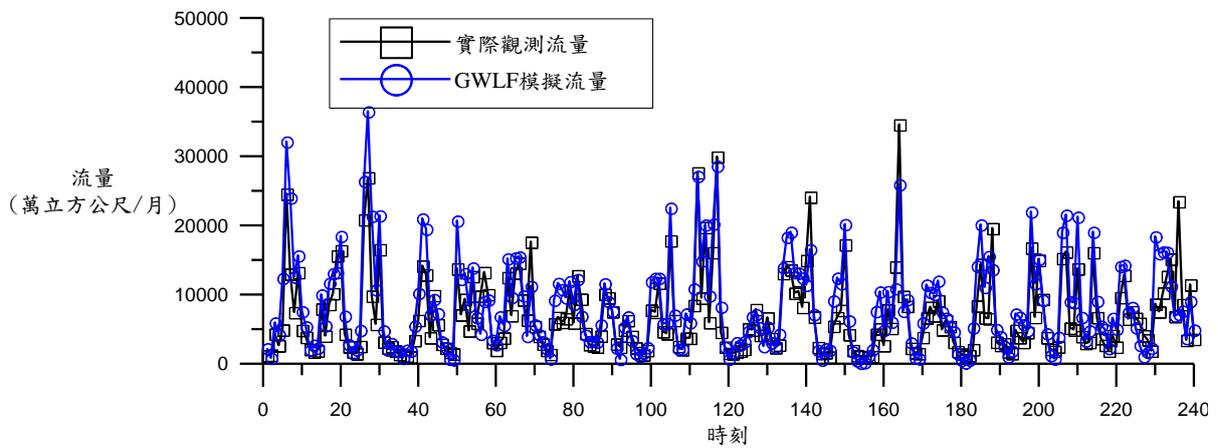


圖4-27 德基水庫模擬結果

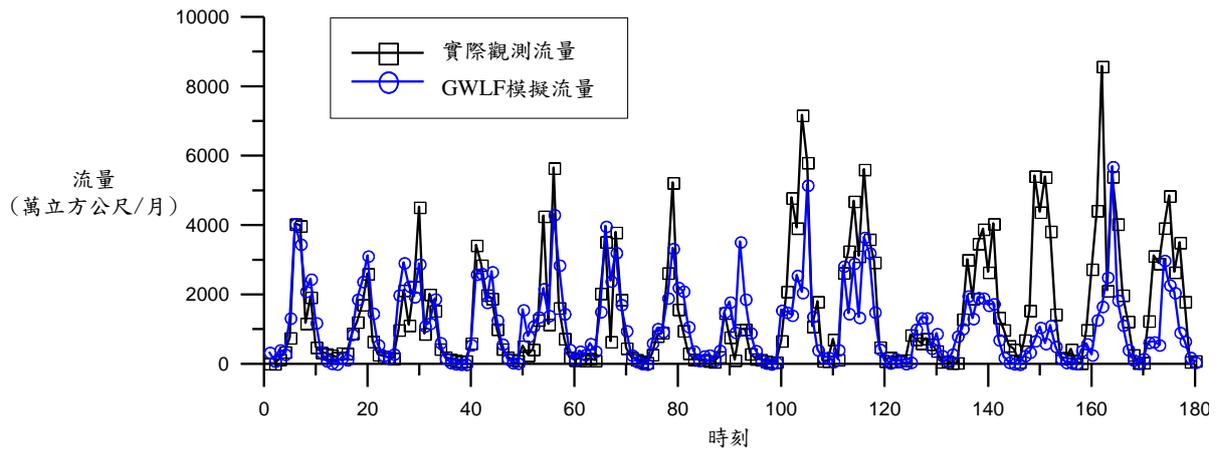


圖4-28 水里溪模擬結果

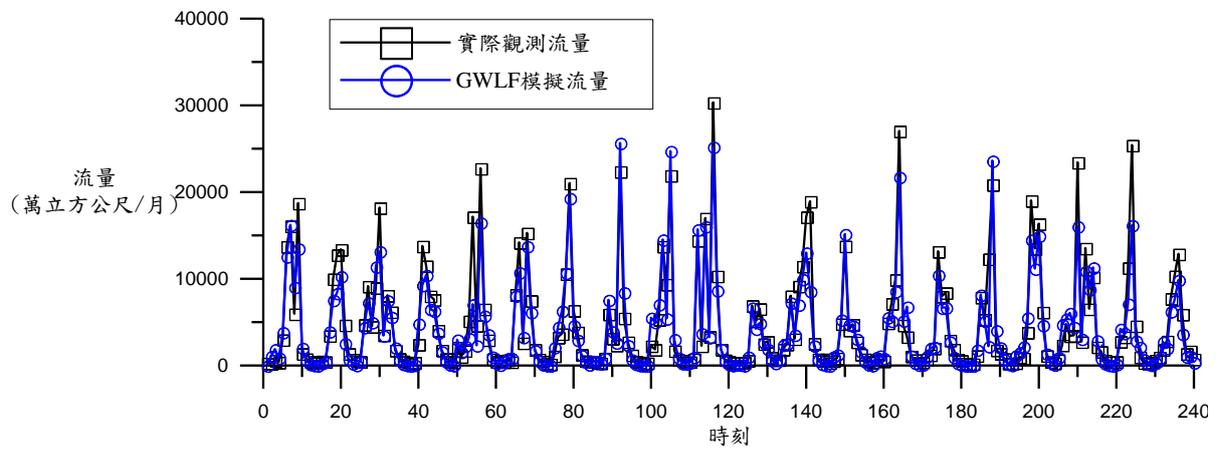


圖4-29 桶頭堰模擬結果

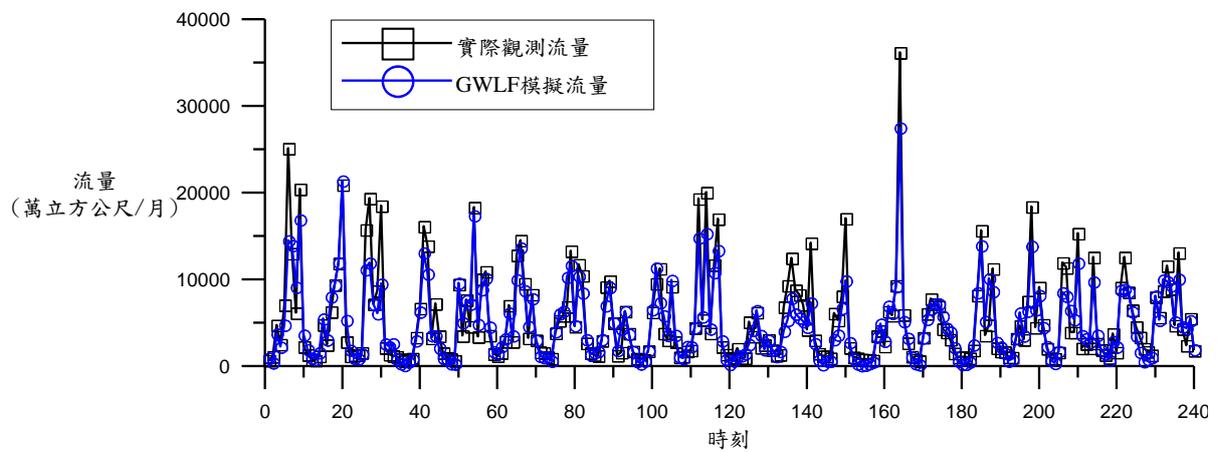


圖4-30 霧社水庫模擬結果

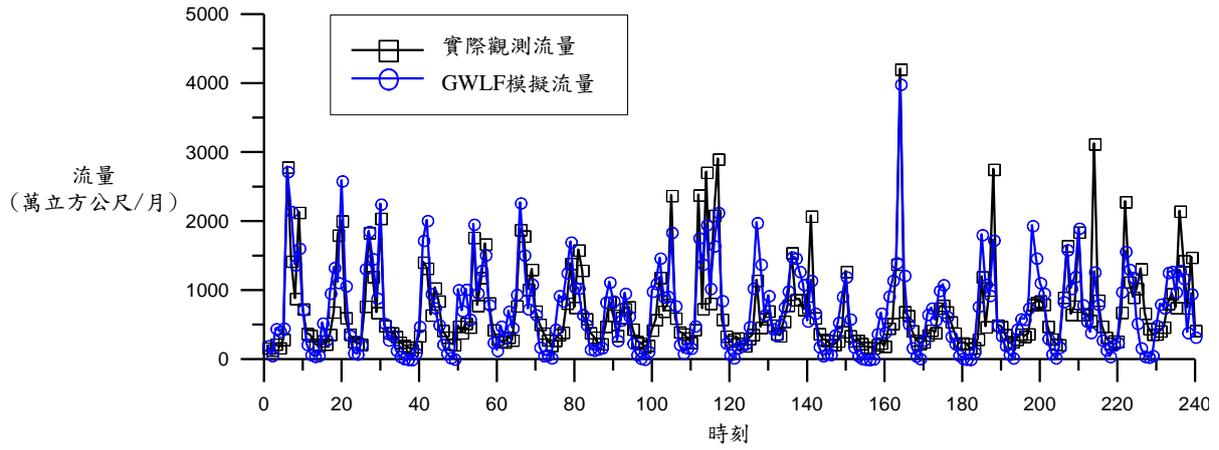


圖4-31 栗栖溪模擬結果

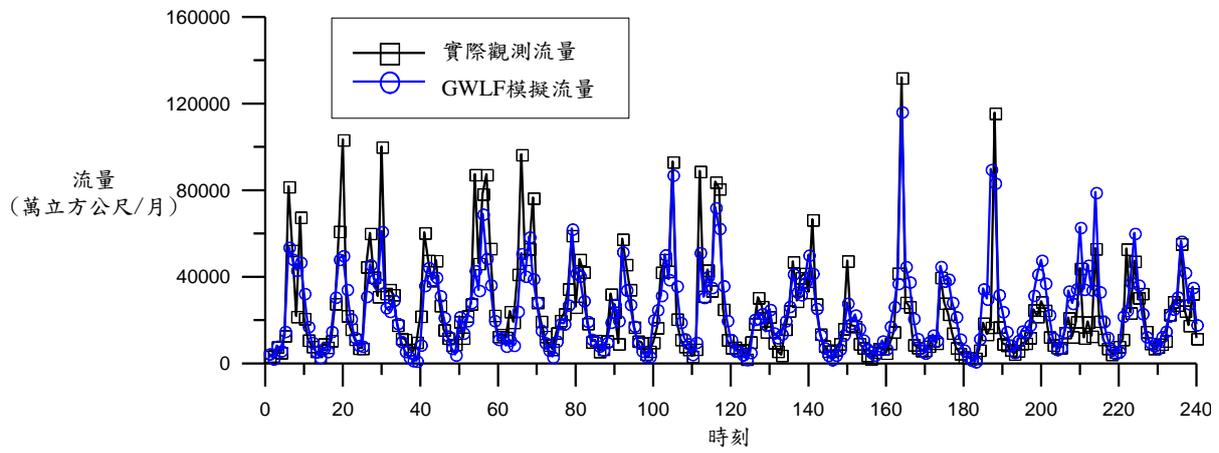


圖4-32 陳有蘭溪模擬結果

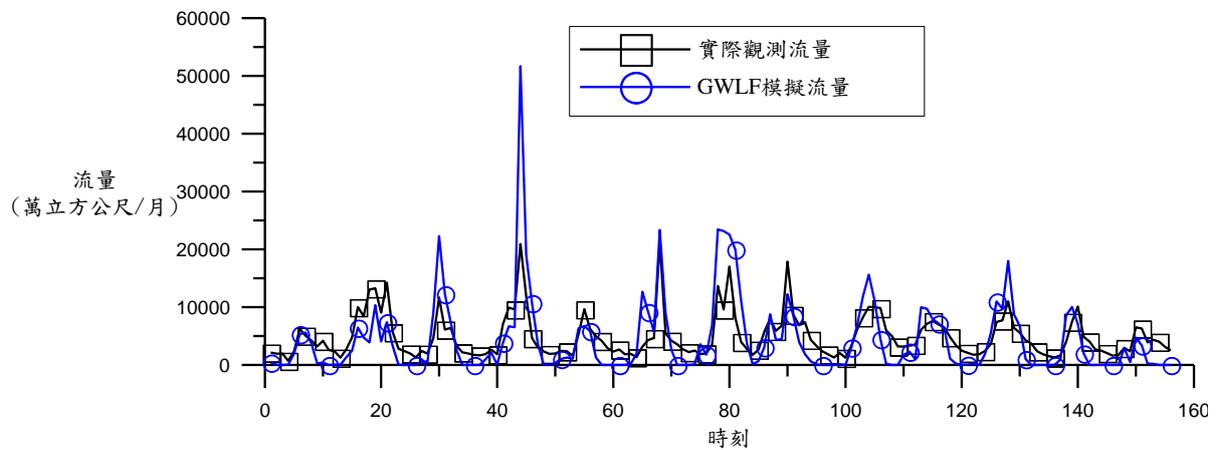


圖4-33 烏溪模擬結果

### 3、氣候變遷下河川之變化趨勢

根據第肆章第一節氣候變遷下雨量變化趨勢分析結果，採用CSMK35、GFCM21、MIMR、MPEH5及MRCGCM等五個GCM模式，在A1B、A2及B1短期（西元2020年~西元2039年）情境下，配合檢定後之參數進行各水工結構物降雨逕流分析，各GCM下之豐、枯水期流量分析成果如圖4-34~圖4-44所示。各情境之成果說明如下：

- (1)就田美堰而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35、GFCM21及MRCGCM模式之流量皆高於無考量氣候變遷，MIMR與MPEH5模式則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，CSMK35、MIMR、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，僅GFCM21模式小於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式下高於無考量氣候變遷，其餘模式皆較無考量氣候變遷低。
- (2)就打鹿坑堰而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35、MIMR及MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，而GFCM21模式與MPEH5模式則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，MIMR與MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘模式皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無

考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低。

(3)就士林堰而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，GFCM21、MIMR及MPEH5模式則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘模式皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，僅MIMR、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘二者皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低。

(4)就德基水庫而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，其餘三個模式則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘三者皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，GFCM21與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，GFCM21與

MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷。

(5)就水里溪而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，其餘三個模式則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，MIMR、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘二者皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘二者皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘四者皆低於無考量氣候變遷。

(6)就桶頭堰而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35、GFCM21及MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，其餘二個模式低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式較無考量氣候變遷高，其餘模式皆低於無考量氣候變遷；A2情境下之豐水期，五個模式皆高於無考量氣候變遷，而在枯水期，五個模式亦低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、GFCM21、MPEH5及MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，僅MIMR模式低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘模式皆較無考量氣候變遷低。

(7)就明德水庫而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於

無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷；A2情境下之豐水期，MIMR、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低。

(8)就鯉魚潭水庫而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，其餘三者則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘三者則低於無考量氣候變遷；A2情境下之豐水期，MIMR與MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘三個模式皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘二者皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘模式皆較無考量氣候變遷低。

(9)就霧社水庫而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘三者則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘則低於無考量氣候變遷；A2情境下之豐水期，GFCM21、MIMR及MRCGCM模式皆高於無考量氣候變遷，其餘則低於無考量氣候變遷，而在枯水期皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，另外二者

則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低。

(10)就栗栖溪而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式之流量高於無考量氣候變遷，其餘三個模式則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，MIMR與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘三者皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘二者皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷。

(11)就陳有蘭溪而言，A1B情境下之豐水期，CSMK35與MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘則低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，MIMR、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，GFCM21與MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷。

(12)就烏溪而言，A1B情境下之豐水期，在CSMK35、MIMR及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘則低於無考

量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆較無考量氣候變遷低；A2情境下之豐水期，在MIMR與MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆小於無考量氣候變遷，而在枯水期，各模式皆低於無考量氣候變遷；B1情境下之豐水期，在CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷，而在枯水期，僅MPEH5模式高於無考量氣候變遷，其餘皆低於無考量氣候變遷。

(13)中部區域不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢綜合分析示如表4-11。在A1B情境下，除了MIMR模式與MPEH5模式有較顯著的增加外，其餘之中部區域各集水區枯水期大多呈下降的趨勢，豐水期則互有增減；在A2情境下，除了GFCM21與MPEH5模式在部分集水區有些許的增加外，其餘集水區枯水期大多是降低的，豐水期除了MIMR、MPEH5及MRCGCM模式有較明顯的增加外，其餘模式亦多呈現下降的趨勢；在B1情境下，僅在MPEH5模式中呈現增加的趨勢，其餘模式之枯水期大多是降低的，豐水期除了CSMK35、MPEH5及MRCGCM模式外，其餘模式也多呈現下降的趨勢。

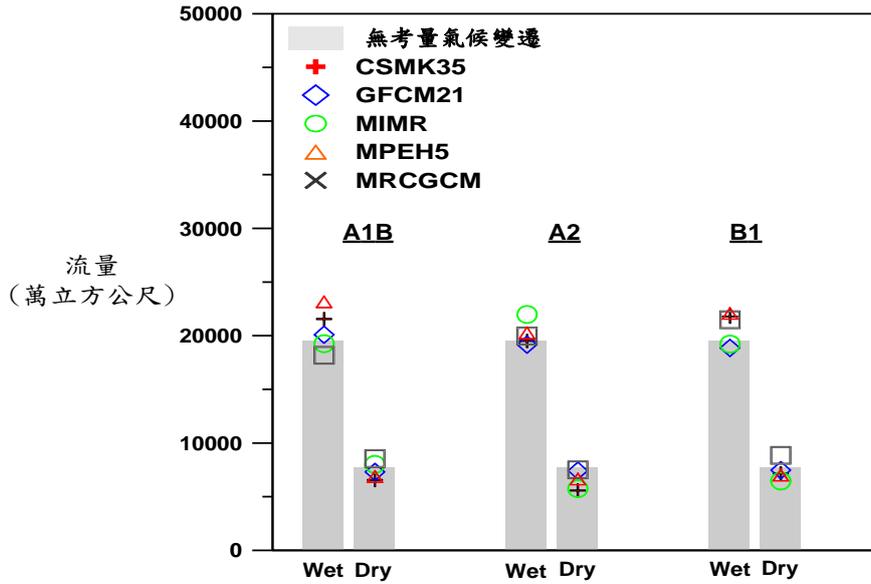


圖4-34 田美堰不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

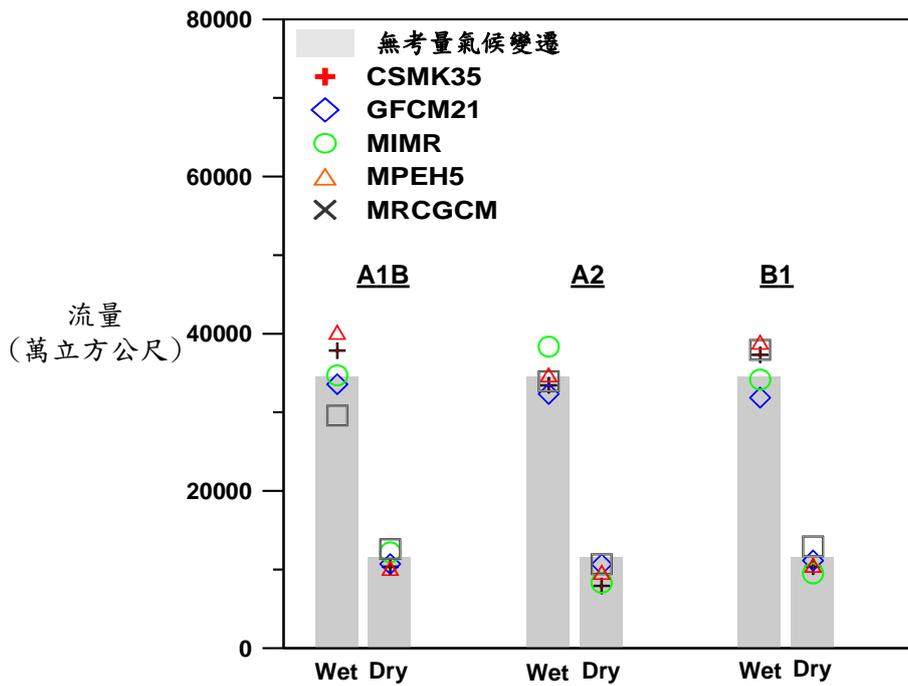


圖4-35 打鹿坑堰不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

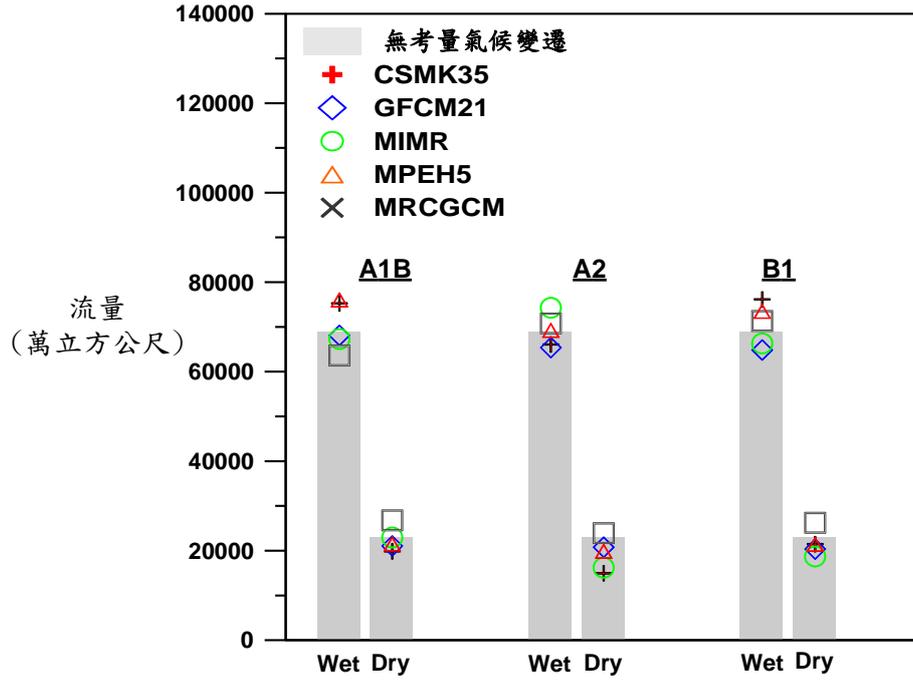


圖4-36 士林堰不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

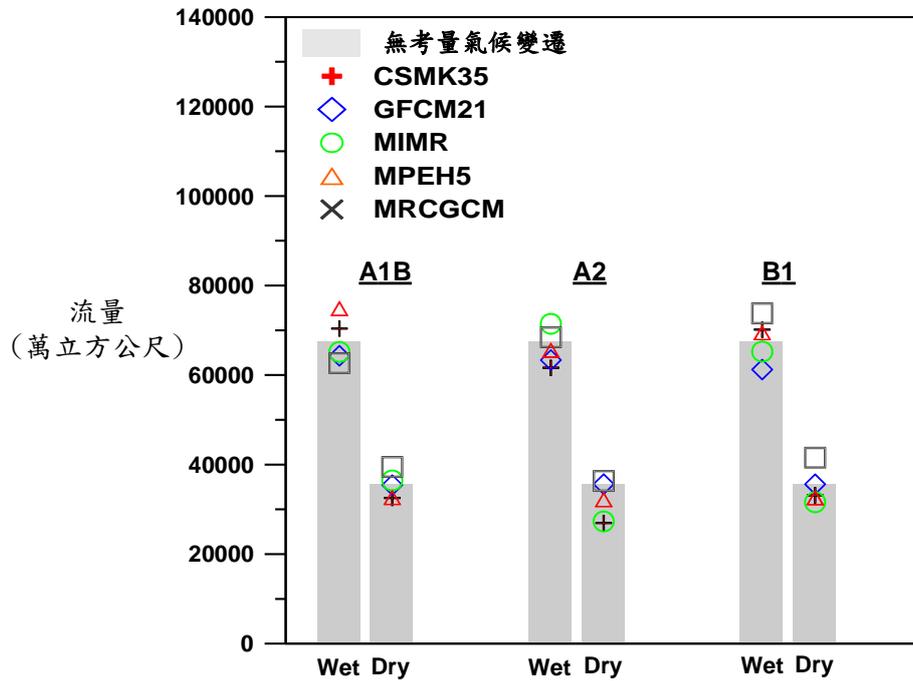


圖4-37 德基水庫不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

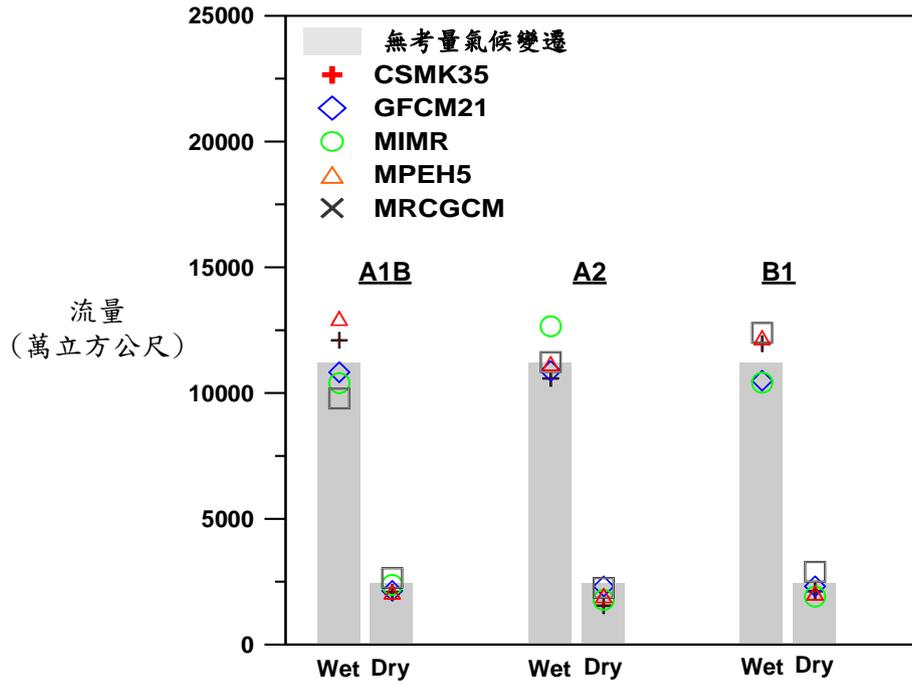


圖4-38 水里溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

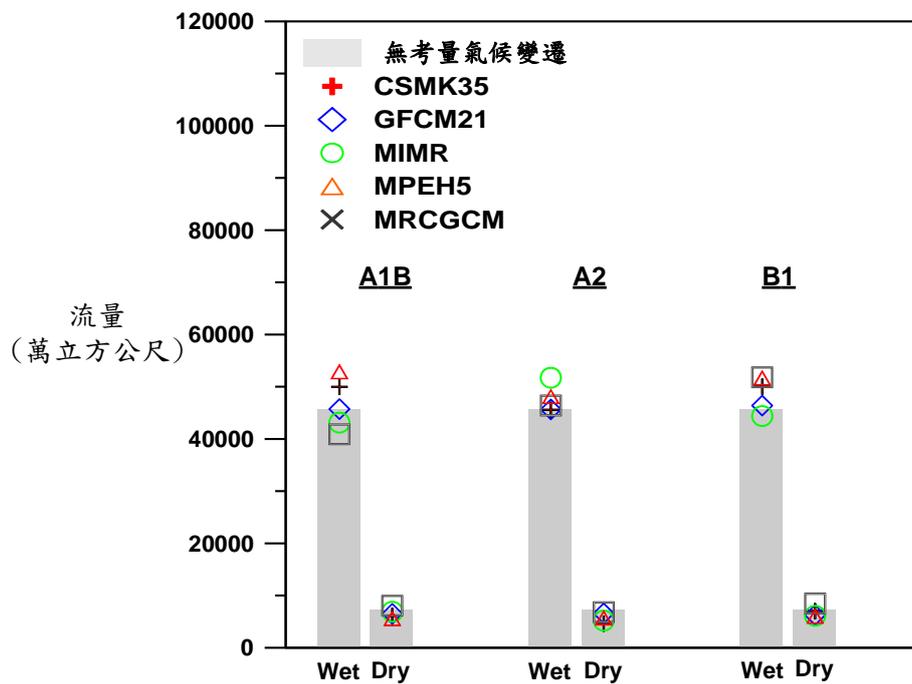


圖4-39 桶頭堰在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

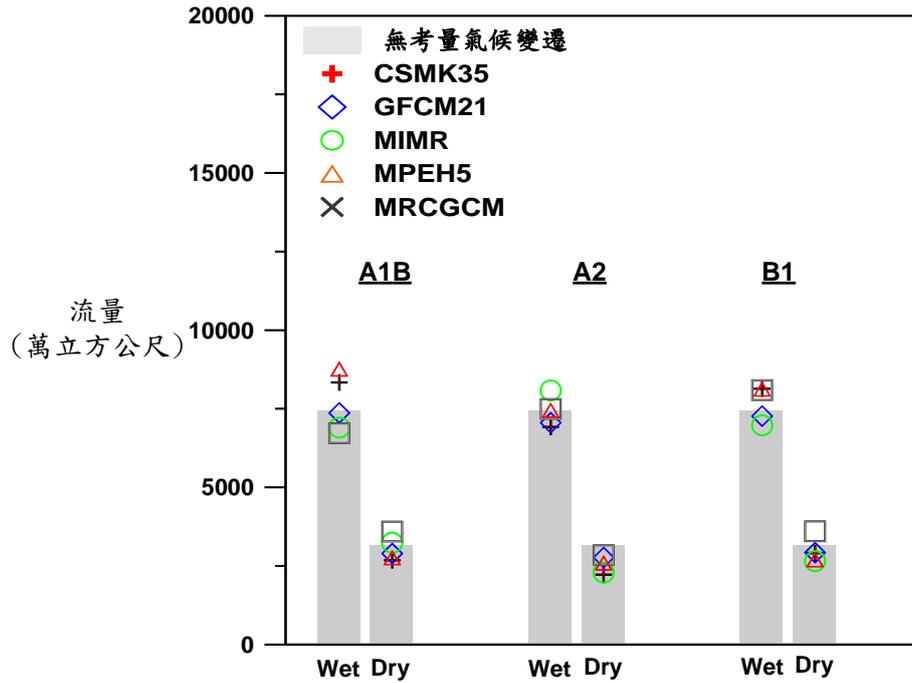


圖4-40 明德水庫在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

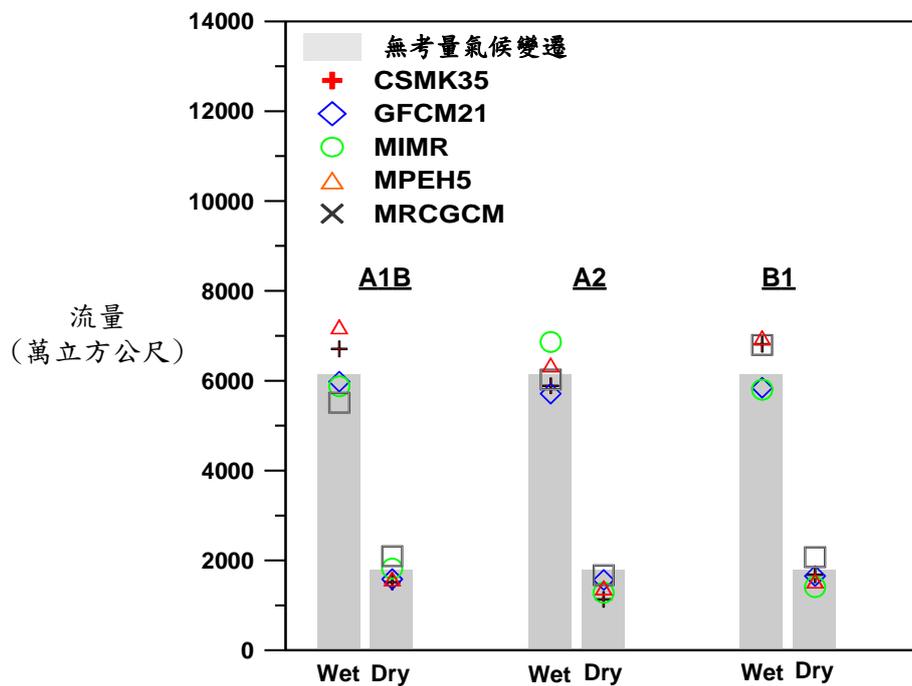


圖4-41 鯉魚潭水庫在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

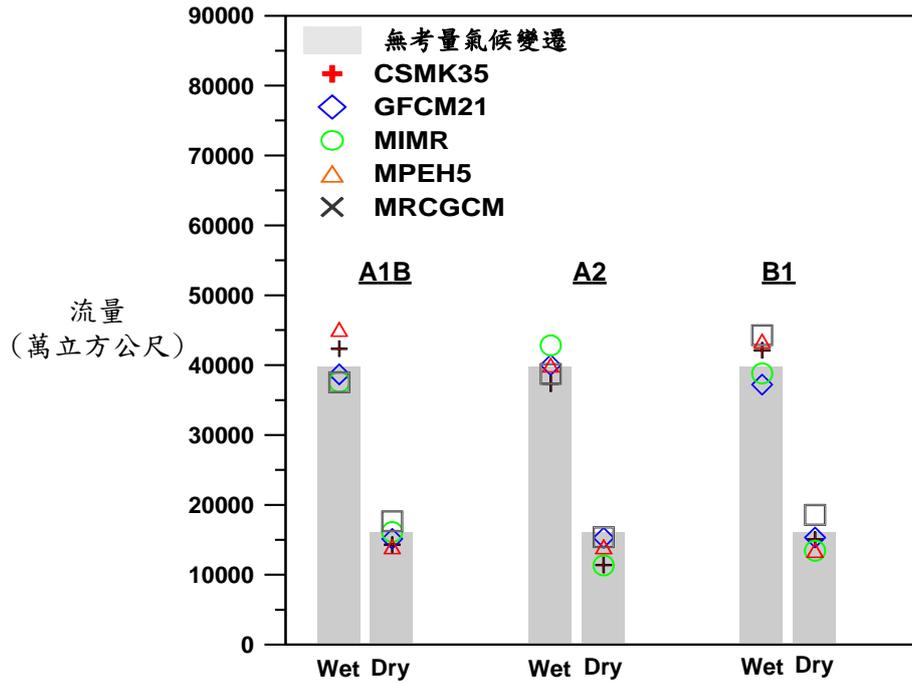


圖4-42 霧社水庫在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

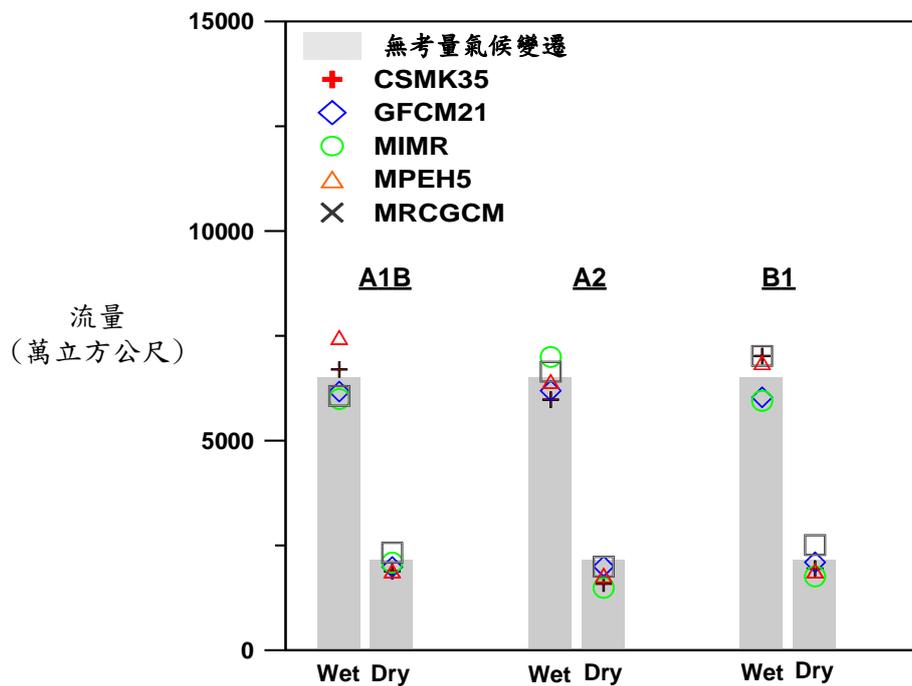


圖4-43 栗栖溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

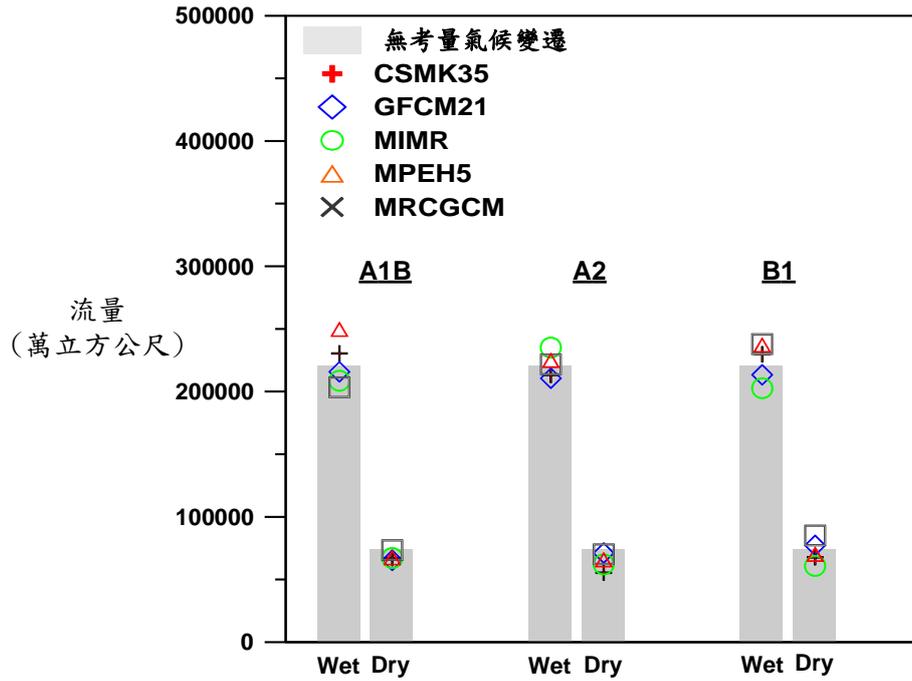


圖4-44 陳有蘭溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

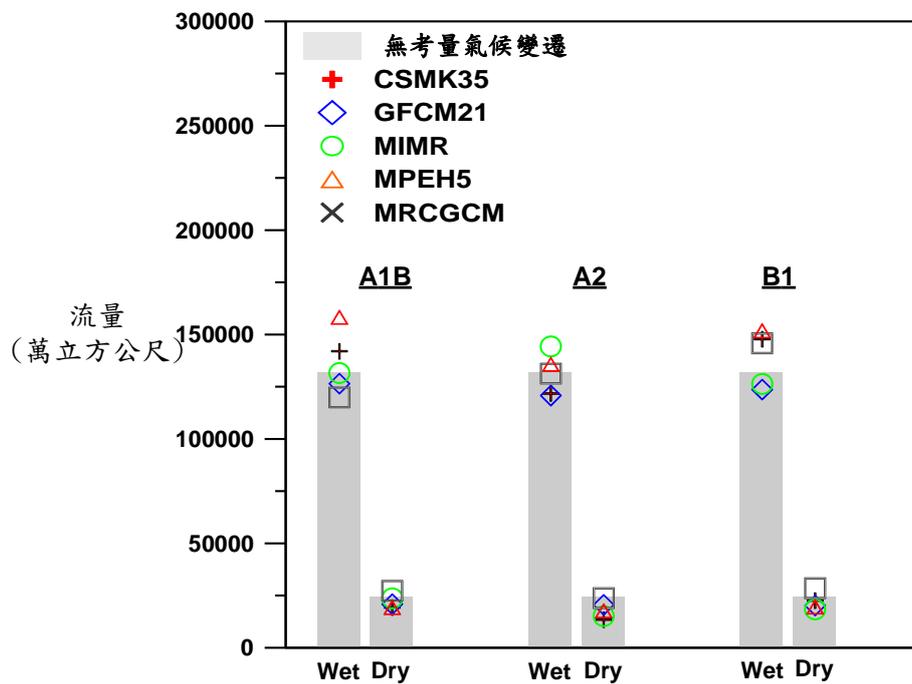


圖4-45 烏溪在不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢

表 4-11 中部區域不同氣候情境下豐枯流量變化趨勢綜合分析

GCM 模式	情境	豐枯水期	田美堰	打鹿坑堰	士林堰	德基水庫	水里溪	桶頭堰	明德水庫	鯉魚潭水庫	霧社水庫	栗栖溪	陳有蘭溪
CSMK 35	A1B	豐水	+10.5%	+9.7%	+9.4%	+4.4%	+8.5%	+9.8%	+12.7%	+9.6%	+7.0%	+3.2%	+4.7%
		枯水	-14.8%	-10.0%	-13.2%	-8.5%	-12.6%	-12.9%	-14.3%	-14.1%	-10.3%	-12.0%	-8.3%
	A2	豐水	+0.1%	-3.1%	-3.9%	-8.6%	-5.1%	+0.2%	-6.4%	-3.8%	-5.6%	-7.9%	-3.0%
		枯水	-27.4%	-30.9%	-34.4%	-24.1%	-34.9%	-34.2%	-28.8%	-35.8%	-28.4%	-25.7%	-24.2%
	B1	豐水	+11.7%	+8.1%	+10.7%	+4.0%	+7.3%	+9.9%	+10.0%	+11.3%	+6.5%	+8.1%	+4.4%
		枯水	-6.7%	-9.9%	-6.2%	-6.7%	-10.7%	-0.2%	-7.0%	-5.1%	-5.6%	-9.0%	-7.5%
GFCM 21	A1B	豐水	+3.1%	-2.7%	-1.0%	-4.6%	-2.9%	+0.5%	-0.4%	-2.3%	-2.2%	-4.9%	-1.9%
		枯水	-5.1%	-7.0%	-7.9%	-0.3%	-10.2%	-7.5%	-7.5%	-10.4%	-5.1%	-7.3%	-10.9%
	A2	豐水	-1.7%	-6.3%	-4.9%	-6.0%	-2.5%	+0.3%	-4.6%	-6.6%	+1.1%	-4.6%	-4.2%
		枯水	-3.7%	-7.2%	-9.1%	+0.3%	-3.0%	-6.4%	-11.5%	-11.4%	-4.2%	-6.8%	-3.0%
	B1	豐水	-3.2%	-7.6%	-5.7%	-9.1%	-5.9%	+1.9%	-1.8%	-4.4%	-5.9%	-7.0%	-3.0%
		枯水	-3.0%	-3.1%	-10.9%	+0.2%	-2.7%	-10.7%	-6.6%	-6.5%	-3.9%	-2.2%	+5.1%
MIMR	A1B	豐水	-1.2%	+0.6%	-2.2%	-3.3%	-6.8%	-5.2%	-6.7%	-3.9%	-4.9%	-7.7%	-5.2%
		枯水	+3.9%	+5.9%	+0.3%	+2.6%	-0.6%	-1.9%	+3.4%	+2.8%	+1.0%	-2.5%	-8.4%
	A2	豐水	+12.7%	+11.1%	+8.0%	+6.0%	+13.4%	+13.6%	+9.2%	+12.1%	+8.2%	+7.8%	+6.9%
		枯水	-25.2%	-27.5%	-28.9%	-23.1%	-25.2%	-25.7%	-26.7%	-27.3%	-28.8%	-30.3%	-15.3%
	B1	豐水	-1.4%	-1.0%	-3.6%	-3.2%	-6.6%	-2.5%	-5.7%	-5.2%	-1.9%	-8.3%	-7.9%
		枯水	-16.0%	-17.2%	-18.1%	-11.1%	-19.8%	-12.8%	-15.2%	-20.4%	-15.7%	-17.7%	-16.9%
MPEH 5	A1B	豐水	-6.7%	-14.2%	-7.5%	-7.0%	-12.2%	-10.1%	-9.1%	-9.9%	-5.1%	-6.5%	-7.5%
		枯水	+10.9%	+9.5%	+16.9%	+11.0%	+10.8%	+14.2%	+14.6%	+18.2%	+10.6%	+8.5%	+0.2%
	A2	豐水	+2.4%	-1.6%	+2.9%	+1.5%	+0.8%	+2.0%	+1.3%	-1.5%	-2.1%	+2.3%	+0.8%
		枯水	-2.6%	-7.1%	+4.5%	+2.3%	-5.3%	-3.1%	-9.0%	-5.5%	-3.6%	-7.0%	-4.2%
	B1	豐水	+10.2%	+9.9%	+3.7%	+9.4%	+11.2%	+13.8%	+9.3%	+11.0%	+11.9%	+8.1%	+8.1%
		枯水	+14.8%	+12.4%	+14.6%	+16.8%	+21.0%	+20.0%	+15.0%	+17.0%	+16.2%	+16.8%	+16.0%
MRCG CM	A1B	豐水	+18.8%	+16.5%	+10.6%	+11.0%	+16.3%	+16.2%	+18.4%	+17.7%	+14.1%	+15.0%	+13.5%
		枯水	-10.3%	-11.4%	-5.8%	-8.2%	-11.7%	-19.8%	-11.7%	-10.0%	-12.0%	-11.5%	-7.9%
	A2	豐水	+4.0%	+0.8%	+0.7%	-2.8%	+0.3%	+5.7%	+0.7%	+3.8%	+1.1%	-1.2%	+2.3%
		枯水	-13.4%	-15.9%	-12.9%	-9.4%	-17.9%	-18.5%	-16.9%	-20.9%	-12.0%	-16.3%	-10.2%
	B1	豐水	+13.3%	+12.8%	+6.9%	+3.0%	+9.5%	+13.5%	+9.9%	+13.8%	+9.8%	+5.8%	+7.8%
		枯水	-8.7%	-8.1%	-6.2%	-8.3%	-13.5%	-14.0%	-13.8%	-12.6%	-15.3%	-11.5%	-4.2%

## 二、氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估

本計畫考量 CSMK35、GFCM21、MIMR、MPEH5 及 MRCGCM 模式之 A1B、A2 及 B1 短期情境(西元 2020~西元 2039) 水文條件下，探討氣候變遷對中部區域現況供水系統之地表水公共供水潛能量、供水系統供水能力、地下水供水潛能量及水資源設施等四個層面之衝擊分析。中部區域現況供水系統係指現行之水資源供水系統外，另外已核定之大安大甲溪水源聯合運用輸水工程及湖山水庫亦納入本計畫之現況供水系統，以下分別針對各層面之分析結果進行相關說明：

### 1、地表水公共供水潛能量衝擊評估

地表水公共供水潛能量係指在不考量供水系統的限制下，以地表水天然入流量扣除下游保留水量(含農業用水與生態基流量)做為該河系之公共用水最大開發潛能量。分析結果示如表 4-12 及圖 4-46~圖 4-48，大甲溪在 A1B 的 CSMK35 及 MRCGCM 與 A2B 的 GFCM21、MIMR、MPEH5 及 B2 的 CSMK35、MPEH5、MRCGCM 有增加的趨勢，其它情境則有減少趨勢；大安溪在 A1B 的 CSMK35、MPEH5、MRCGCM 與 A2B 的 GFCM21、MIMR、MPEH5 及 B2 的 CSMK35、MPEH5、MRCGCM 有增加的趨勢，其它情境則有減少趨勢；後龍溪在 A1B 的 CSMK35、MIMR、MRCGCM 與 A2B 的 MIMR 及 B2 的 CSMK35、MRCGCM 有增加的趨勢，其它情境則有減少趨勢；中港溪在 A1B 的 CSMK35、GFCM21、MIMR、MRCGCM 與 A2B 的 GFCM21、MIMR 及 B2 的 CSMK35、GFCM21、MRCGCM 有增加的趨勢，其它情境則有減少趨勢；濁水溪在 A1B 的 CSMK35、MRCGCM 與 A2B 的 GFCM21、MIMR、MPEH5 及 B2 的

CSMK35、MPEH5、MRCGCM有增加的趨勢，其它情境則有減少趨勢；烏溪在A1B的CSMK35、MRCGCM與A2B的MIMR、MPEH5及B2的CSMK35、MPEH5、MRCGCM有增加的趨勢，其它情境則有減少趨勢。

**表 4-12 中部區域地表水公共供水潛能量氣候變遷衝擊分析**

單位：萬立方公尺/年

情境	GCM 模式	中港溪	後龍溪	大安溪	大甲溪	烏溪	濁水溪
無考	量氣候變遷	87,624	77,795	59,741	85,873	311,779	31,227
A1B	CSMK35	89,017	82,338	64,807	91,993	318,460	57,617
	GFCM21	88,235	74,426	57,556	79,658	308,563	28,986
	MIMR	96,650	86,253	57,364	81,763	306,042	13,282
	MPEH5	86,127	71,370	60,863	83,558	307,229	12,573
	MRCGCM	96,932	88,191	69,507	100,013	337,511	75,295
A2	CSMK35	84,227	69,729	47,981	67,089	271,910	5,608
	GFCM21	88,793	71,071	60,020	90,305	244,219	39,424
	MIMR	87,882	79,032	60,836	87,910	313,034	64,756
	MPEH5	87,568	74,831	65,137	93,620	337,972	37,781
	MRCGCM	84,766	73,237	56,368	77,815	302,641	21,172
B1	CSMK35	91,678	81,435	69,045	91,836	367,403	55,572
	GFCM21	87,822	71,851	59,030	84,138	307,433	30,322
	MIMR	79,741	70,922	52,022	78,773	278,556	6,830
	MPEH5	89,045	75,118	61,671	100,928	350,778	46,574
	MRCGCM	94,082	85,947	68,011	90,992	336,802	61,140

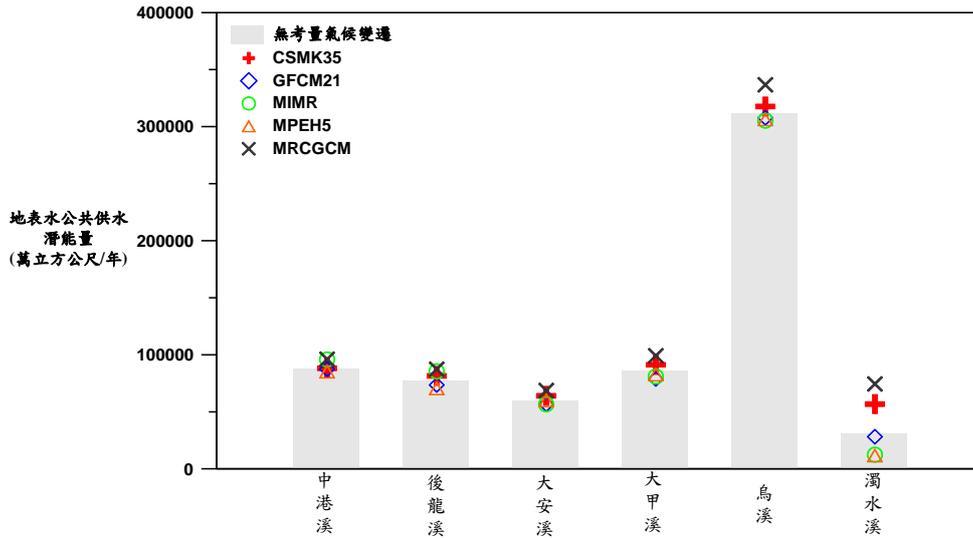


圖4-46 中部區域A1B情境下地表水公共供水潛能量分析結果

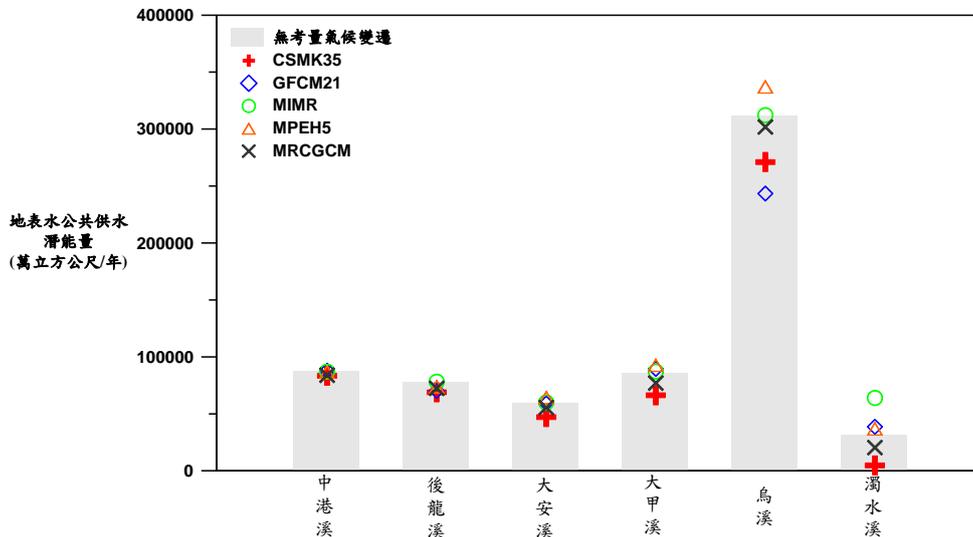


圖4-47 中部區域A2情境下地表水公共供水潛能量分析結果

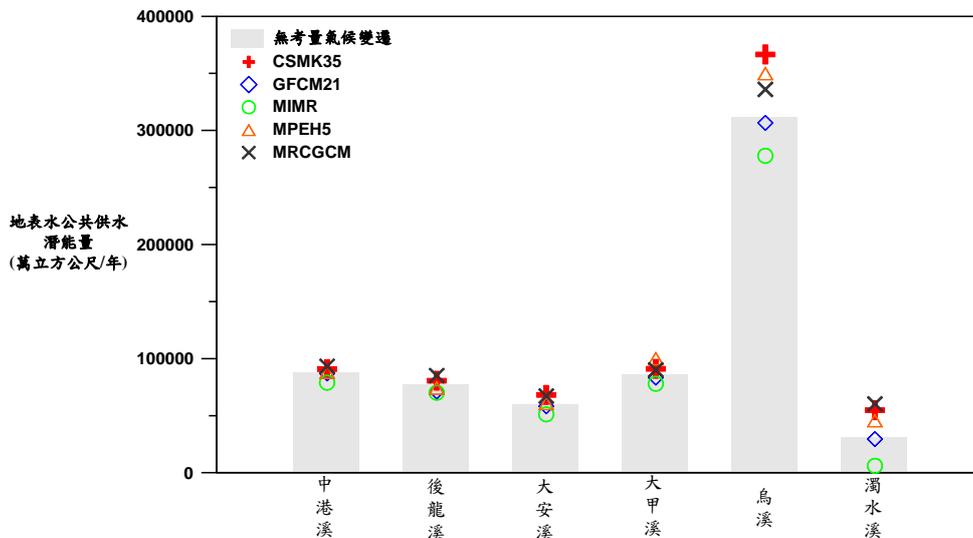


圖4-48 中部區域B1情境下地表水公共供水潛能量分析結果

## 2、供水系統之供水能力衝擊評估

供水系統供水能力是指考量供水系統限制與下游保留水量，以缺水指數SI=1推估氣候變遷情境之供水能力。相關成果整理如表4-13及表4-14所示。其中供需缺口總量與氣候變遷造成之供需缺口計算分別列如下式，各分析結果說明如下：

$$\text{供需缺口總量} = \text{需求量}_{\text{情境}} - \text{地表水供水能力}_{\text{情境}} - \text{其他水源供應量}_{\text{情境}}$$
$$\text{氣候變遷造成之供需缺口} = (\text{需求量}_{\text{情境}} - \text{地表水供水能力}_{\text{情境}} - \text{其他水源供應量}_{\text{情境}}) - (\text{需求量}_{\text{無考量氣候變遷}} - \text{地表水供水能力}_{\text{無考量氣候變遷}} - \text{其他水源供應量}_{\text{無考量氣候變遷}})$$

若供需缺口為正值，代表需大於供，即該供水系統不足以滿足目標年(民國120年)之用水需求量；若供需缺口為負值，代表供大於需，即該供水系統足以滿足目標年之用水需求量。

各地區供水能力衝擊分析如表4-13及表4-14所示，其說明如下：

### (1)A1B情境

在A1B情境下，苗栗地區地表水供水能力介於每日16.75~27.79萬立方公尺，台中地區地表水供水能力介於每日165.5~176.8萬立方公尺，彰化地區地表水供水能力介於每日4.1~5.2萬立方公尺，雲林地區地表水供水能力介於每日37.68~42.9萬立方公尺，南投地區地表水供水能力為每日0萬立方公尺。

## (2)A2情境

在A2情境下，苗栗地區地表水供水能力介於每日13.78~26.83萬立方公尺，台中地區地表水供水能力介於每日159.33~190.8萬立方公尺，彰化地區地表水供水能力介於每日4~4.5萬立方公尺，雲林地區地表水供水能力介於每日36.43~41.36萬立方公尺，南投地區地表水供水能力為每日0萬立方公尺。

## (3)B1情境

在B1情境下，苗栗地區地表水供水能力介於每日13.24~28.24萬立方公尺，台中地區地表水供水能力介於每日166.36~199.4萬立方公尺，彰化地區地表水供水能力介於每日4.1~6.99萬立方公尺，雲林地區地表水供水能力介於每日38.07~43.1萬立方公尺，南投地區地表水供水能力為每日0萬立方公尺。

各地區氣候變遷造成之缺口如表4-13及表4-14所示，其說明如下：

### (1)苗栗地區

就苗栗地區而言，其地下水供應量為每日3.5萬立方公尺，另外有鯉魚潭支援每日10萬立方公尺，在A1B情境下之MPEH5模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日8.04萬立方公尺；在A2情境下之CSMK35模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日14.02萬立方公尺；在B1情境下之MIMR模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日10.09萬立方公尺，且各情境下供需缺口總量皆為正值，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需

經理方案及調適方案來因應經濟發展與氣候變遷造成之缺水。

## (2) 台中地區

就台中地區而言，其地下水供應量每日10萬立方公尺，另支援苗栗每日10萬立方公尺、彰化每日8萬立方公尺及區外農業用水每日20萬立方公尺，共每日38萬立方公尺，在A1B情境下MIMR模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日13萬立方公尺；在A2情境下CSMK35模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日19.17萬立方公尺；在B1情境下MIMR模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日12.14萬立方公尺，且各情境下供需缺口總量皆為正值，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有經理方案及調適方案來因應經濟發展與氣候變遷造成之缺水。

## (3) 彰化地區

就彰化地區而言，其地下水供應量為每日30萬立方公尺，另有鯉魚潭支援每日8萬立方公尺，在A1B情境下MIMR模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日7.29萬立方公尺；在A2情境下MIMR模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日9.04萬立方公尺；在B1情境下MIMR模式之氣候變遷造成之供需缺口，為每日6.46萬立方公尺，且各情境下供需缺口總量皆為正值，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有經理方案及調適方案來因應經濟發展與氣候變遷造成之缺水。

## (4) 雲林地區

就雲林地區而言，其地下水供應量為每日20萬立方公尺，支援嘉義每日3.8萬立方公尺，在A1B情境下MRCGCM

模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日8.66萬立方公尺；在A2情境下CSMK35模式之氣候變遷造成之供需缺口為最大，為每日14.79萬立方公尺；在B1情境下之MRCGCM模式之氣候變遷造成之供需缺口，為每日5.95萬立方公尺，但供需缺口總量皆為負值，表示現況系統供應量足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口。

#### (5)南投地區

就南投地區而言，其地下水供應量為每日19萬立方公尺，另有集集淨水場擴建增引水里溪水源每日3.5萬噸，在A1B情境下，各模式之氣候變遷造成之供需缺口為每日3.54萬立方公尺；在A2情境下，各模式之氣候變遷造成之供需缺口為每日6.74萬立方公尺；在B1情境下，各模式之氣候變遷造成之供需缺口為每日2.01萬立方公尺，但供需缺口總量A1B及B1情境皆為負值，表示此兩情境下現況系統供應量足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口。而A2情境為各模式供需缺口總量為1.8，代表現況系統供應量仍不足以供應目標年需求量，需有調適方案來因應氣候變遷造成之缺水。

表 4-13 苗栗縣及台中市氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
GCM模式			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
苗栗縣 (中港溪、 後龍溪)	需求量	41.64	45.03	45.03	45.03	45.03	45.03	48.04	48.04	48.04	48.04	48.04	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57
	地表水供水能力	21.40	18.50	25.57	18.50	16.75	27.79	13.78	26.83	20.50	24.69	14.29	24.80	26.65	13.24	28.24	27.94
	地下水供應量	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	區域受支援量	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	氣候變遷造成之供需缺口	-	6.29	-0.78	6.29	8.04	-3.00	14.02	0.97	7.30	3.11	13.51	-1.47	-3.32	10.09	-4.91	-4.61
	供需缺口總量	6.74	13.03	5.96	13.03	14.78	3.74	20.76	7.71	14.04	9.85	20.25	5.27	3.42	16.83	1.83	2.13
台中市 (大安溪、 大甲溪)	需求量	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76
	地表水供水能力	178.50	176.20	174.80	165.50	176.10	176.80	159.33	190.80	169.20	180.94	168.75	177.92	189.75	166.36	199.40	179.60
	地下水供應量	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	區域受支援量	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00	-38.00
	氣候變遷造成之供需缺口	-	2.30	3.70	13.00	2.40	1.70	19.17	-12.30	9.30	-2.44	9.75	0.58	-11.25	12.14	-20.90	-1.10
	供需缺口總量	20.26	22.56	23.96	33.26	22.66	21.96	39.43	7.96	29.56	17.82	30.01	20.84	9.01	32.40	-0.64	19.16

表 4-14 彰化縣及雲林縣氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
GCM模式			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
彰化縣 (濁水溪)	需求量	41.58	48.39	48.34	48.77	47.55	48.47	49.47	49.90	50.31	50.19	50.03	46.62	47.42	47.73	42.87	42.87
	地表水供水能力	4.41	4.40	4.10	4.30	5.20	4.11	4.00	4.41	4.10	4.50	4.40	4.35	4.78	4.10	6.99	4.31
	地下水供應量	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
	區域受支援量	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	氣候變遷造成之供需缺口	-	6.82	7.07	7.29	5.17	7.19	8.29	8.32	9.04	8.52	8.46	5.09	5.47	6.46	-1.29	1.39
	供需缺口總量	3.17	9.99	10.24	10.47	8.35	10.36	11.47	11.49	12.21	11.69	11.63	8.27	8.64	9.63	1.88	4.56
雲林縣 (濁水溪)	需求量	31.37	36.71	36.71	36.71	36.71	36.71	41.58	41.58	41.58	41.58	41.58	34.39	34.39	34.39	34.39	34.39
	地表水供水能力	41.00	38.20	38.91	38.33	42.90	37.68	36.43	41.36	36.77	39.54	38.68	38.58	41.05	38.47	43.10	38.07
	地下水供應量	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	區域受支援量	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80	-3.80
	氣候變遷造成之供需缺口	-	8.14	7.43	8.01	3.44	8.66	14.79	9.86	14.45	11.68	12.54	5.44	2.97	5.55	0.92	5.95
	供需缺口總量	-25.83	-17.69	-18.40	-17.82	-22.39	-17.17	-11.05	-15.98	-11.39	-14.16	-13.30	-20.39	-22.86	-20.28	-24.91	-19.88

表 4-15 南投縣氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
GCM模式			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
南投縣 (濁水溪)	需求量	17.56	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	19.57	19.57	19.57	19.57	19.57
	地表水供水能力	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	地下水供應量	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
	區域受支援量	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	氣候變遷造成之供 需缺口	-	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	6.74	6.74	6.74	6.74	6.74	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
	供需缺口總量	-4.94	-1.40	-1.40	-1.40	-1.40	-1.40	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	-2.93	-2.93	-2.93	-2.93	-2.93

### 3、水資源設施衝擊評估

本計畫以回復力作為氣候變遷對各水資源設施之衝擊評估，回復力定義為描述當系統處於失敗狀態(缺水)後多快能回復成功供水。本計畫將根據Hashimoto(1982)提出之RRV (Reliability, Resilience, Vulnerability) 進行回復力評估，回復力數值越大表示系統復原能力越佳，反之，系統則越脆弱。計算方法如下：

首先需判斷每一時間單位系統之狀態，表示系統為失敗或是成功之狀態，判斷式如下式：

$$\begin{aligned} \text{if } X_t \geq C \text{ then } X_t \in S \text{ and } Z_t = 1 \\ \text{else } X_t \in U \text{ and } Z_t = 0 \end{aligned}$$

其中， $X_t$  為可供給水量； $C$  為系統需水量； $S$  表示不缺水量，即系統為成功狀態； $U$  表示缺水量，系統為則為失敗狀態； $Z_t$  為 $T$ 時間內系統處於成功狀態的天數，亦代表系統正常運作的天數。接著計算系統恢復指標( $W_t$ )，其為當系統由失敗狀態轉為成功狀態的次數，計算方法如下。

$$W_t = \begin{cases} 1, & \text{if } X_t \in U \text{ and } X_{t+1} \in S \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

經由前述計算可得到 $T$ 時間內系統成功天數與系統回復指標，即可計算系統之回復力(CRS)，如下式。

$$C_{RS} = \frac{\sum_{t=1}^T W_t}{T - \sum_{t=1}^T Z_t} = \frac{\text{恢復次數}}{\text{失敗天數}}$$

回復力指標越接近1，代表供水系統從缺水狀態回復正常供水之能力越強，本計畫將回復力分為五級(劣、不佳、普通、佳、優)以說明各供水系統復原能力，其對照表示如表4-16。

中部區域供水系統回復力級分分析結果示如表4-17，就苗栗、台中、彰化、雲林地區而言，各情境之回復力級

分皆為1，供水系統復原能力皆屬劣勢，缺水時發生不易即時回復；就南投地區而言，因主要水源為地下水，可以穩定供應，故當需求量小於系統供應能力時，回復力級分為1(A2情境)，當需求量大於系統供應能力時，回復力級分則為5 (A1B情境及B1情境)。

**表 4-16 回復力級分分級表**

級分	1	2	3	4	5
回復力	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1
供水系統復原能力	劣	不佳	普通	佳	優

**表 4-17 中部區域水資源設施衝擊級分評估結果**

情境	模式	苗栗	台中	彰化	雲林	南投
無考量氣候變遷		1	1	1	1	5
A1B	CSMK35	1	1	1	1	5
	GFCM21	1	1	1	1	5
	MIMR	1	1	1	1	5
	MPEH5	1	1	1	1	5
	MRCGCM	1	1	1	1	5
A2	CSMK35	1	1	1	1	1
	GFCM21	1	1	1	1	1
	MIMR	1	1	1	1	1
	MPEH5	1	1	1	1	1
	MRCGCM	1	1	1	1	1
B1	CSMK35	1	1	1	1	5
	GFCM21	1	1	1	1	5
	MIMR	1	1	1	1	5
	MPEH5	1	1	1	1	5
	MRCGCM	1	1	1	1	5

#### 4、地下水供水潛能衝擊評估

地下水潛能量採GIS入滲量推估法(又稱水平衡法)估算，苗栗地區在A1B、A2及B1等情境下之地下水潛能量與無考量氣候變遷比較之結果整理如圖4-49所示，結果顯示地下水潛能量增減比例介於8.07%~-5.47%。就A1B而言，除MPEH5外，其它模式地下水潛能量皆有增加之趨勢；就A2而言，除MRCGCM及MPEH5外，其它模式地下水潛能量皆有減少之趨勢；就B1而言，除GFCM21及MRCGCM外，其它模式地下水潛能量皆有增加之趨勢。

台中地區在A1B、A2及B1等情境下之地下水潛能量與無考量氣候變遷比較之結果整理如圖4-50所示，結果顯示地下水潛能量增減比例介於3.68%~-4.80%。就A1B而言，除MIMR及MPEH5外，其它模式地下水潛能量皆有增加之趨勢；就A2而言，除MRCGCM及MPEH5外，其它模式地下水潛能量皆有減少之趨勢；就B1而言，除GFCM21及MRCGCM外，其它模式地下水潛能量皆有增加之趨勢。

濁水溪沖積扇在A1B、A2及B1等情境下之地下水潛能量與無考量氣候變遷比較之結果整理如圖4-51所示，結果顯示地下水潛能量增減比例介於3.91%~-1.77%。就A1B而言，除CSMK35及MRCGCM外，其它模式地下水潛能量皆有減少之趨勢；就A2而言，除MIMR外，其它模式地下水潛能量皆有減少之趨勢；就B1而言，除GFCM21及MIMR外，其它模式地下水潛能量皆有增加之趨勢。

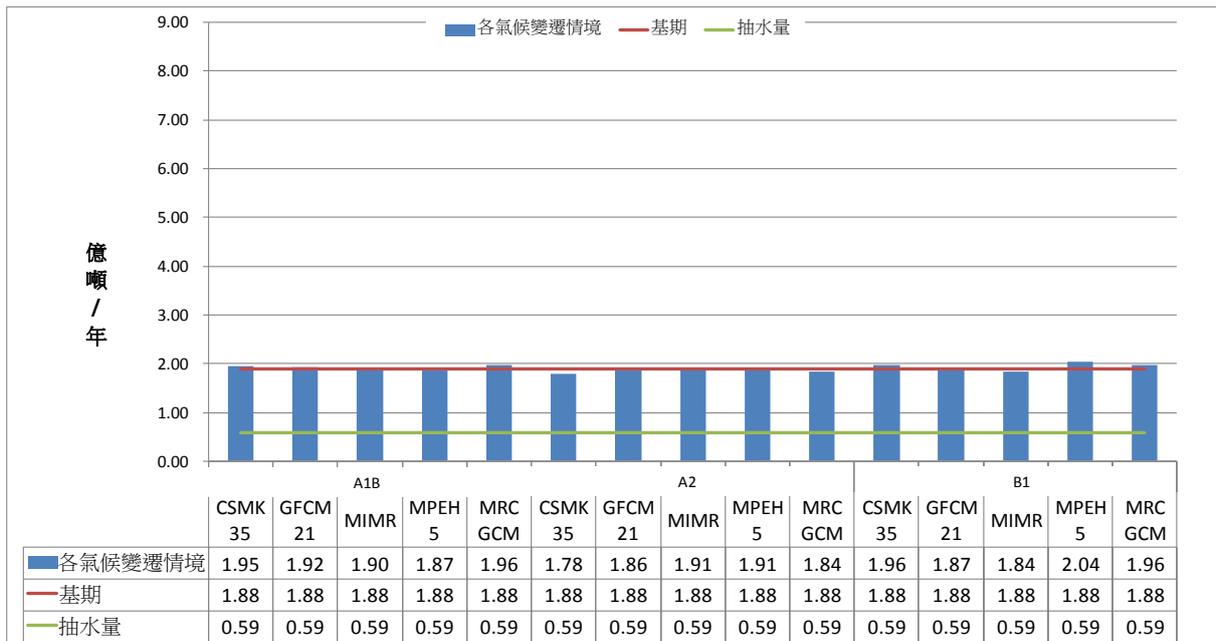


圖4-49 苗栗地區氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果

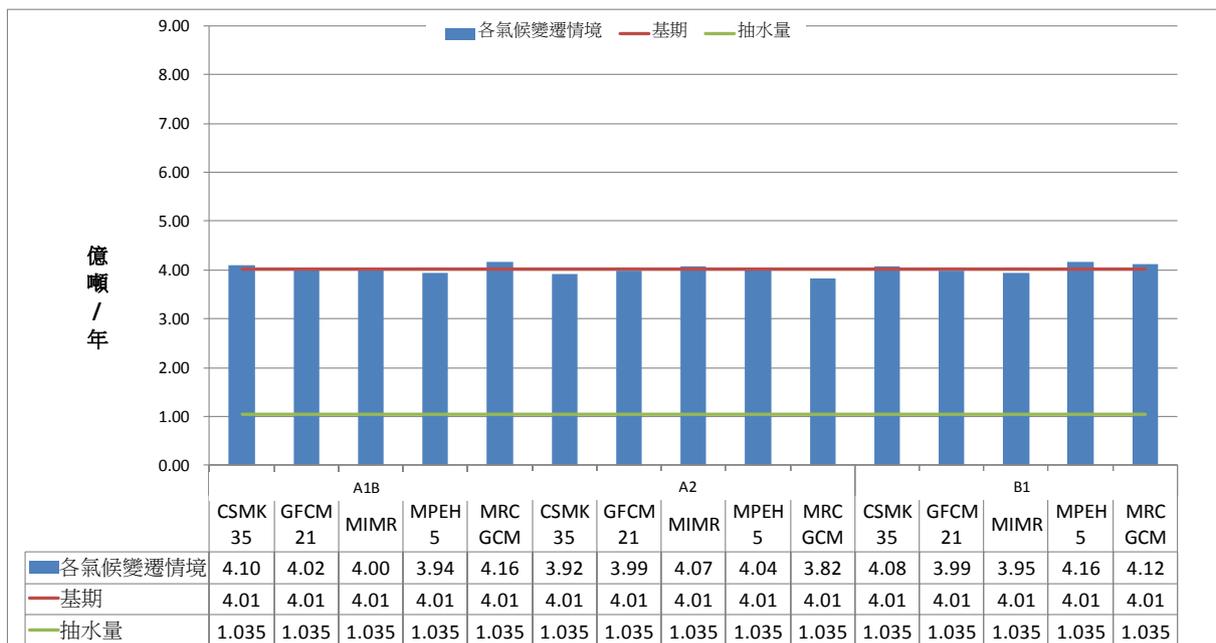


圖4-50 台中地區氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果

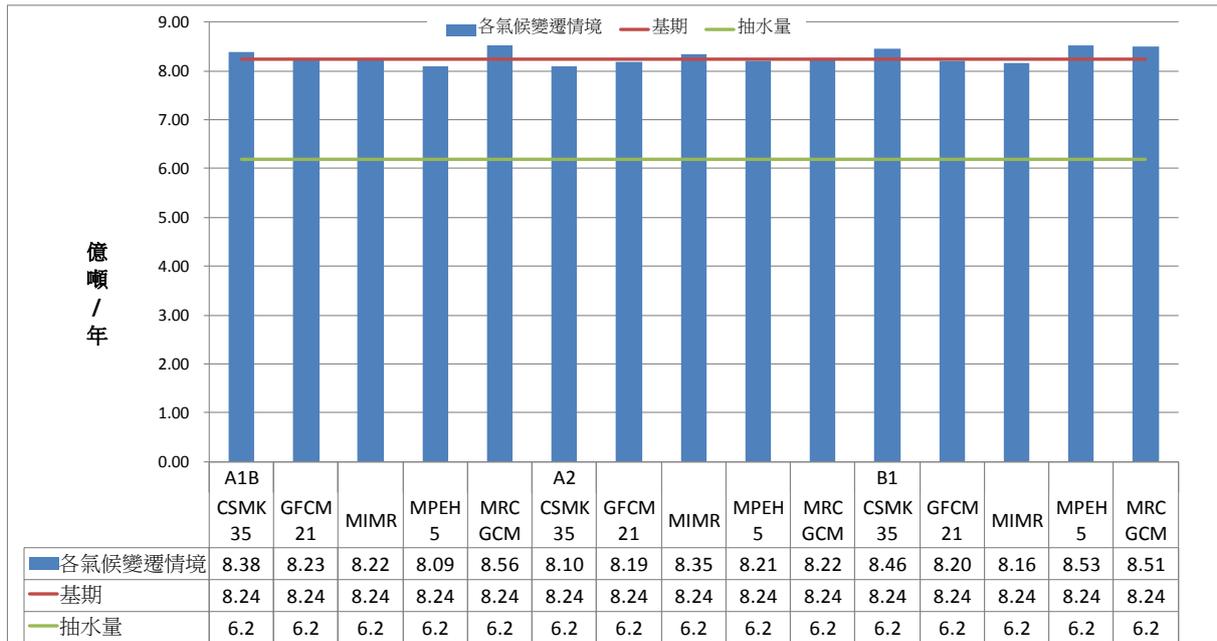


圖4-51 濁水溪沖積扇氣候變遷情境下之地下水潛能量衝擊分析結果

## 第五章、脆弱度及風險分析

本計畫參考聯合國減災組織(UNDRO)對天然風險之分析概念，風險可由脆弱度及危害度進行量化分析，生活用水採用人口密度為脆弱度因子，缺水潛勢分析結果(DPD 指標)為危險度因子；工業用水採用工業生產產值為脆弱度因子，缺水潛勢分析結果(DPD 指標)為危險度因子；農業用水採用水稻面積為脆弱度因子，缺水潛勢分析結果(缺水綠)為危險度因子。以下針對各標的用水面臨缺水的災害脆弱分析、氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析、面對缺水之災害風險量化、氣候變遷下各供水分區缺水風險地圖製作進行說明。

### 一、各標的用水面臨缺水的災害脆弱分析

各標的用水之缺水災害脆弱分析主要目的為探討暴露在氣候變遷對水資源供水威脅下，哪些因子是屬於較脆弱的敏感因子，故主要工作項目為定義出不同標的用水之脆弱度因子與危害度因子，以下分別以生活用水、工業用水以及農業用水說明。

#### (一)生活用水

就生活用水而言，面對缺水災害之脆弱對象即為人口，人口越多的地方，代表其供水壓力越高，因此一旦缺水，所承受之風險越大。故本計畫採人口密度來反應暴露於缺水災害之脆弱度，全省鄉鎮市區人口密度資料可向行政院主計處蒐集取得，脆弱度等級評分依各鄉鎮市區之人口密度超越機率曲線(如圖5-1)進行分級，中部區域各鄉鎮市區之人口密度詳細列表請詳見附錄二，本計畫採超越機率80%、60%、40%及20%區分為五級，分級級分對照表詳如表5-1。

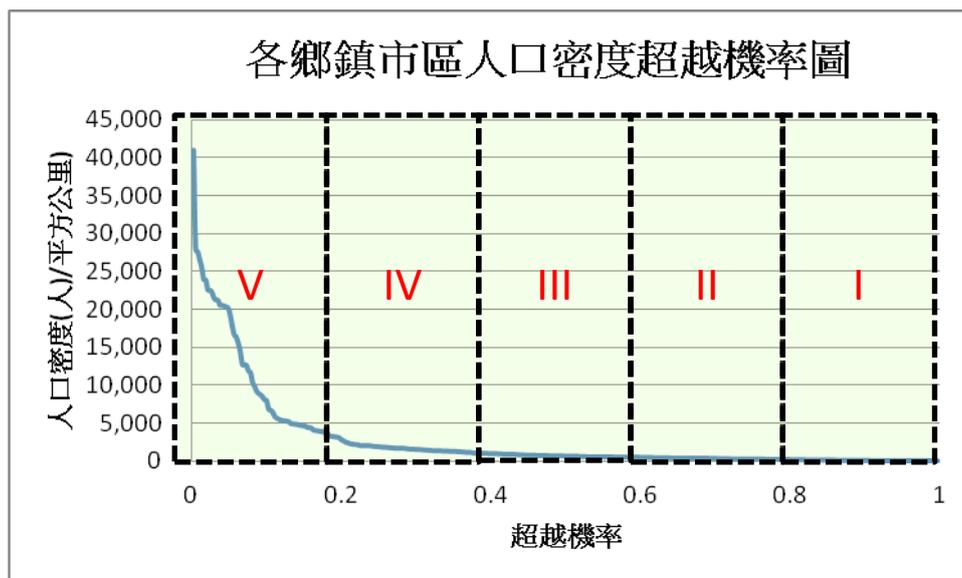


圖5-1 台灣地區各鄉鎮市區人口密度超越機率曲線

表 5-1 生活用水脆弱度級分分級表

脆弱度	1	2	3	4	5
人口密度 (人/平方公里)	<174	174~468	468~967	967~2771	>2771
城鄉型態	非都市	非都市	中間型態	都市	都市

生活用水危害度參考經濟部水利署「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」計畫，採缺水百分率日數指標，缺水百分日指標(Deficit Percent Day Index, DPD Index)由日本水資源公團(西元 1977年)提出，DPD乃考慮每年所發生的缺水強度與延時，可作為界定單一缺水事件忍受程度的依據，彌補其缺水指數SI之不足，用以表現連續缺水天數之影響，即針對單一缺水事件，利用每天之缺水率乘以連續缺水天數，其式如下：

$$DPD(\% - day) = \text{Max} \sum_{i=1}^N \frac{D_i - S_i}{D_i} \times 100 \quad \text{式5-1}$$

其中N：缺水事件之連續缺水日數； $D_i$ ：第i日需水量； $S_i$ ：第i日供水量。

危害度等級評分參考經濟部水利署「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」進行分級，其分級標準詳如表5-2。

**表 5-2 生活用水及工業用水缺水危害度分級標準**

危害度	1	2	3	4	5
2年重現期 DPD	<100	100~600	600~1500	1500~3500	>3500
嚴重程度	沒問題	可接受	尚可接受	嚴重	相當嚴重
措施	維持民生正常運作	加強用水管理	限水措施可接受階段	需要以分散式調適策略改善	需要以大系統輔以小系統供水改善

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，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。)

## (二)工業用水

工業用水面臨缺水時之主要衝擊為工業產值，故本計畫採製造業生產毛額來反應暴露於缺水災害之脆弱度，全省鄉鎮市區製造業生產毛額蒐集自行政院主計處之95年之工商及服務業普查結果，脆弱度等級評分依各鄉鎮市區之製造業生產毛額超越機率曲線(如圖5-2)進行分級，中部區域各鄉鎮市區之製造業生產毛額詳細列表請詳見附錄四，本計畫採超越機率80%、60%、40%及20%區分為五級，分級級分對照表詳如表5-3。

工業用水危害度參考經濟部水利署「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」計畫，採缺水百分率日數指標，其分級標準詳見表5-2。

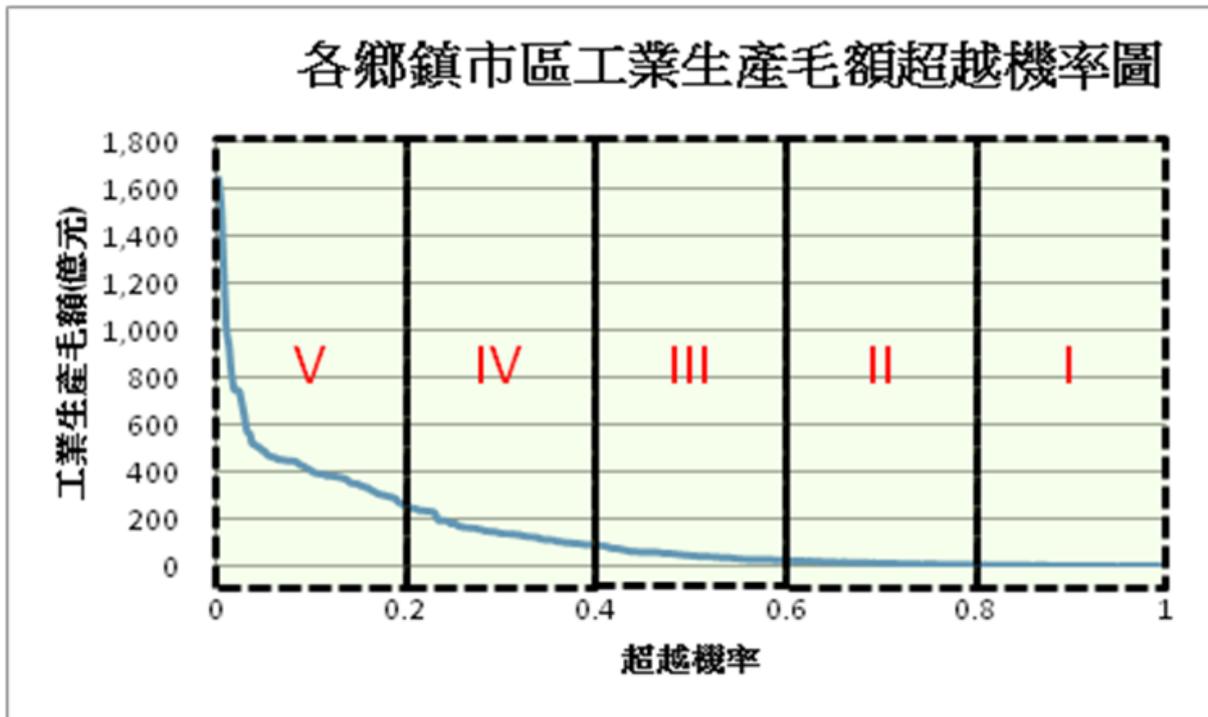


圖5-2 台灣地區各鄉鎮市區工業生產毛額超越機率曲線

表 5-3 工業用水脆弱度級分分級表

脆弱度	1	2	3	4	5
生產毛額 (千元)	<618,692	618,692~ 2,399,779	2,399,779~ 8,943,901	8,943,901~ 25,455,521	>25,455,521

### (三)農業用水

農業用水主要對象為水稻，缺水時主要影響為產量，因此行政區中水稻面積越多，受的衝擊越大。故本計畫以水稻面積為暴露於缺水災害下之脆弱度。根據行政院主計處網站公布，水稻面積可分為單期作水田(第一期作、第二期作)及兩期作水田。本計畫以兩者之合計面積越機率曲線(如圖5-3)來進行分級，中部區域水田面積統計表如附錄三，本計畫建議以超越機率80%、60%、40%及20%區分為五級，分級級分對照表詳如表5-4。

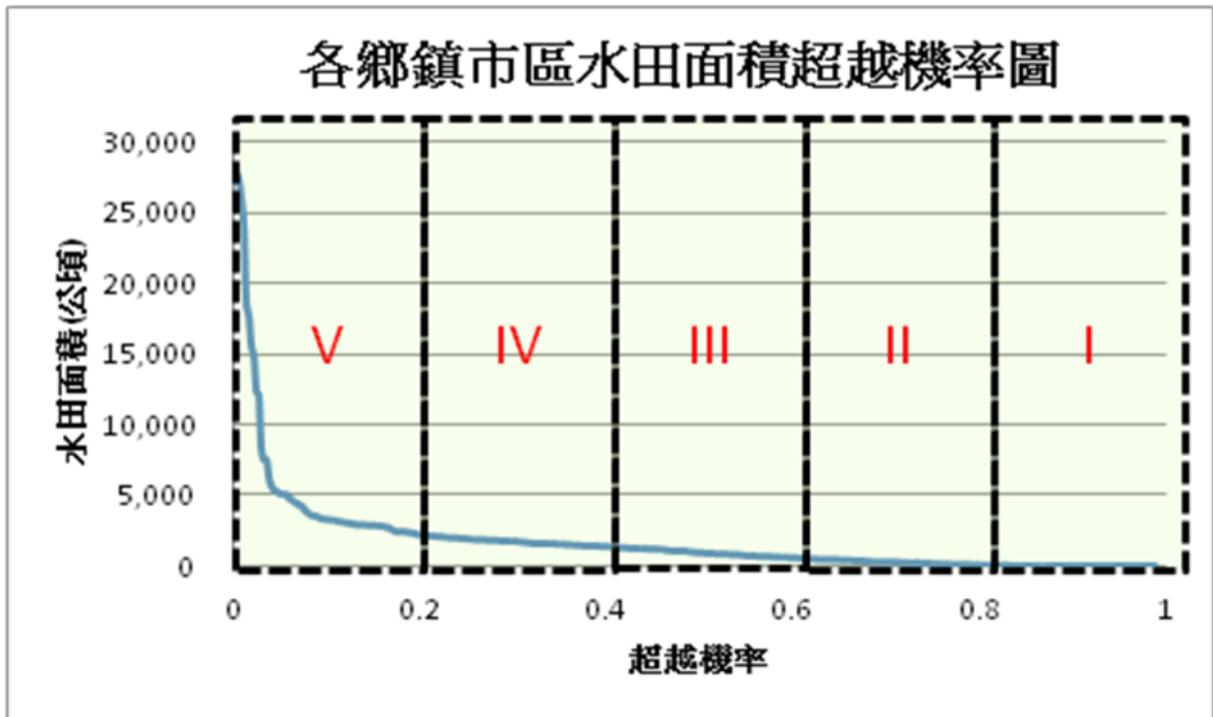


圖5-3 台灣地區各鄉鎮市區水田面積超越機率曲線

表 5-4 農業用水脆弱度級分分級表

脆弱度	1	2	3	4	5
水田面積 (公頃)	<97	97~607	607~1,387	1,387~2,221	>2,221

農業用水危害度採用缺水率，根據農委會水利處灌溉管理科(民國97年)的資料，水利會在面臨不同乾旱程度時，對水稻及早作將採取不同程度的措施(圖5-4)，當農業用水供水率高於80%的情況下，一般視為仍在農業容忍範圍內，因此水利會往往進行渠道檢修與加強用水管理，當缺水情形更加嚴重時，責管理機構將依據水田與旱田兩大類採取不同的管理措施如下：

就已插秧的水田而言，當供水率仍可維持70%至80%時，水利會將採取加強灌溉管理的方式以減少灌溉用水之使用；當灌溉用水降至50%至60%時為非常時期，必須實施緊急救旱措施，將所有可能措施進行聯合運用，減少灌水深、抽取補助水源、實施輪灌、並延長輪灌期距，盡量維持稻作之存活。就未插秧

之水稻田而言，即便供水率可達正常標準之60%至80%，一旦缺水天數達30天以上時，水利會即開始勸導農民轉作或者休耕，而當供水量低於50%時，僅少數耐旱性強之水利會，如桃園、苗栗、雲林、嘉南等水利會外，其他水利會皆勸導農民轉作耐旱作物，或休耕、廢耕，並報請政府補助乾旱所帶來的損失。

上述不同的管理措施將對農作物產生不同的影響，若綜合上述管理方式與本計畫先前文獻回顧之成果，可知農業缺水率低於15%至20%左右時，被視為作物的可容忍範圍，一旦高於此缺水率時，作物之最終產量即有可能受到影響而減產。綜合上述研究，農業用水危害度可依照不同缺水率進行劃分如表5-5。

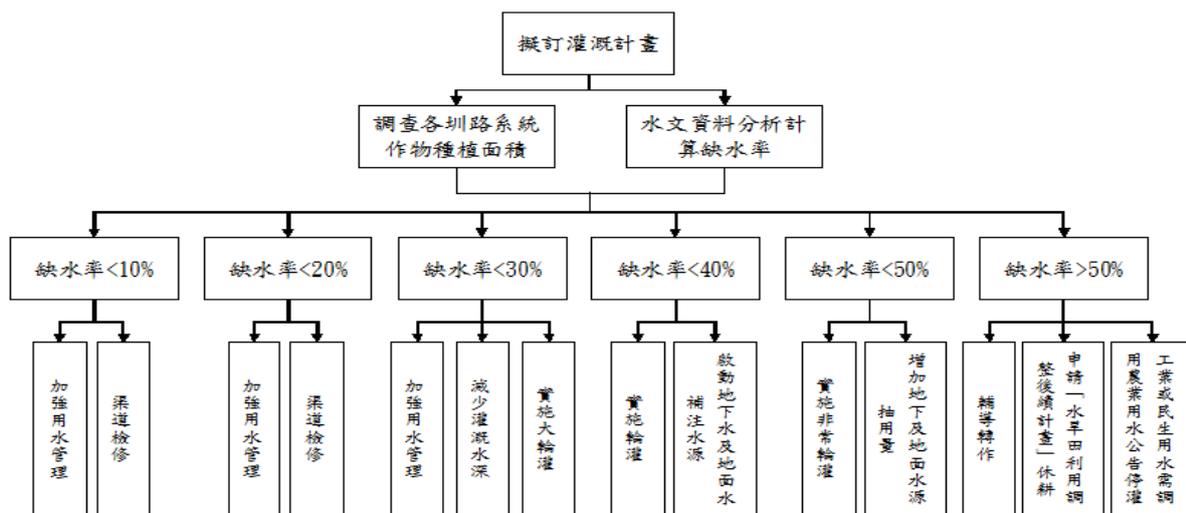


圖5-4 水利會面臨不同程度乾旱之管理方式

表 5-5 農業用水危害度分級標準

危害度	1	2	3	4	5
缺水率(%)	<15	15~20	20~30	30~40	>40
嚴重程度	沒問題	可接受	尚可接受	嚴重	相當嚴重
措施	維持農業正常灌溉	加強管理	加強管理與輪作	協調轉作	休耕

(資料來源：經濟部水利署，民國 100 年，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。)

## 二、氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析

氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析目的為評估在計畫需水量條件下，水資源系統在流量變異下可能發生的缺水程度或缺水機率，其分析流程圖如圖5-5所示，透過簡易降尺度繁衍氣候變遷下之雨量資料，經降雨逕流模式(GWLF)計算氣候變遷下河川流量，以作為水資源調配模式(系統動力模型)之輸入，根據各水工結構物之操作規則，以系統動力模型分析各縣市之缺水潛勢，再配合自來水管網分析(EPANET)計算各鄉鎮之不同缺水情況之分佈矩陣，以推估氣候變遷下各供水分區缺水潛勢。以下針對管網分析進行說明。

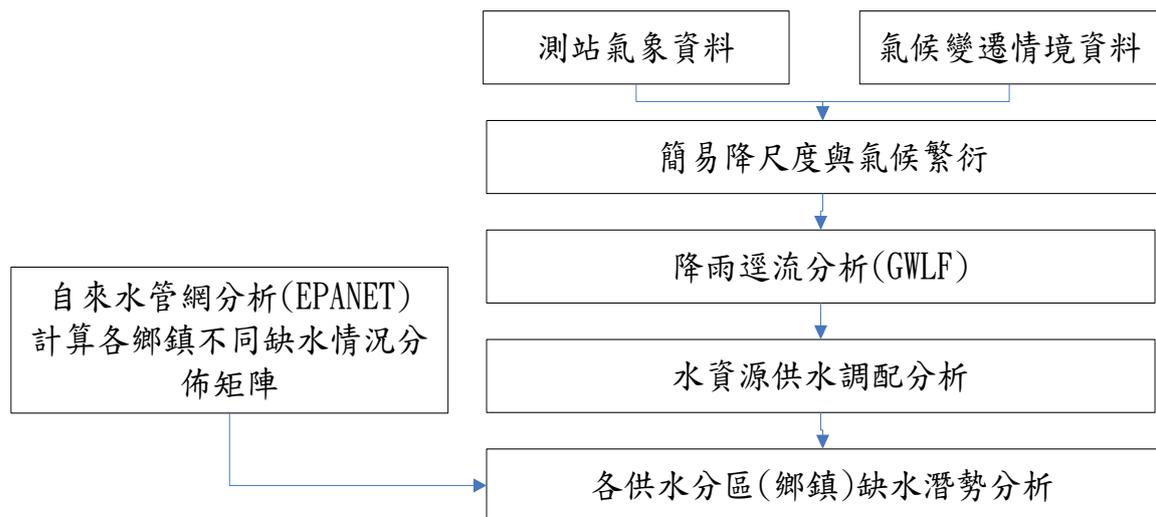


圖5-5 氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析流程圖

## (一) 自來水管網經營目標

本計畫藉由管網模式來輔助模擬分析，以瞭解不同操作條件下，是否能滿足供水區內之需水量或水壓。以下就水量管理、水壓管理、備載容量及供水分區操作管理等管網經營管理評估目標加以說明：

### 1、水量管理

就自來水系統而言，計畫供水量隨時間之變遷，其區分平均日、最大日之水量做為規劃依據，以避免尖峰用水時間發生缺水現象。通常供水量管理係以平均日為基礎，而最大日供水量與平均日供水量之比值，一般與供水區都市化程度有關，愈是集中之都市比值較低，鄉村山區較高。以供水系統管網經營之水量管理而言，主要應探討最大日供水量之操作，以符合實際供水需求。依水規所民國98年「中部區域供水系統聯合供水管理規劃」，苗栗、台中、南投、彰化及雲林供水區最大日與平均日需水量比值訂為1.38、1.30、1.36、1.35及1.37。此外，目前水公司各供水區水量資料，係以行政區或大型供水分區為主，為利於管網分析需求，將配合供水系統實際之操作方式，並依照自來水年報統計資料，針對自來水公司所分之供水系統，找出對應之鄉鎮，合理分配各供水節點之需水量。

### 2、水壓管理

在配水管網系統中，水壓為系統中最重要之考量參數，因此配水系統之水壓不宜太高也不能太低，水壓太低易造成供水不穩定、影響緊急供水能力、受污染機會增加及高樓層需裝設加壓設備等問題；水壓太高則有建造費用增加、操作維護成本提高及漏水量增加等問題。

目前自來水法及其施行細則均未對自來水事業所供應的自來水訂有水壓規定，而是在相關的工程設施標準中有配水管網的水壓要求，以及用戶用水設備標準中規範水栓及衛生設備最低水壓，詳如表5-6所示。未來針對管網水壓管理之評估標準如下：

- (1)最低管壓：依據「建築技術規則」、「自來水用戶用水設備標準」之相關規定，即用戶給水管出口最低水壓不得小於每平方公分0.56公斤，沖洗閥不得小於每平方公分1.0公斤，如再加計用水設備與配水管之高程差，及2者間直管及另件的損失水頭後，並考量各地區供水管網特性，建議配水管網任1點所需的水壓基準至少應為每平方公分1.0公斤。

表 5-6 相關法規之水壓規定

法規名稱	條文	內容
自來水工程設施標準	第八十五條	配水管線之各點能保持最小動水壓為準。
台北市自來水事業工程設施標準	第一七九條	配水管線之水壓應符合左列規定： 一、最大靜水壓不得超過所有管種規格容許之最大使用水壓。 二、供水人口在一萬人以上者，最小動水壓以每平方公分一·五公斤為準，一萬人以下者，最小動水壓以每平方公分一·〇公斤為準，火災時火災地點附近之最小動水壓以不致為負壓為準。 三、對局部高地或遠離地區之配水，如經濟上有顯著之利益時，可考慮使用加壓抽水機。
自來水用戶用水設備標準	第十三條	水栓及衛生設備供水水壓不得低於每平方公分〇·三公斤；其因特殊裝置需要高壓或採用直接沖洗閥者，水壓不得低於每平方公分一公斤。 水壓未達前項規定者，應備自動控制之水壓水箱、蓄水池或加壓設施。
台北市自來水用水設備標準	第十六條	水栓及衛生設備供水水壓不得低於每平方公分〇·三公斤，其因特殊裝置需要高壓或採用直接沖洗閥時，水壓不得低於每平方公分一公斤。水壓未達前項規定時，應備自動控制之水壓水箱、蓄水池或加壓設施。
建築技術規則	第三十條	三、給水管出口最低水壓每平方公分不得小於〇·五六公斤，但沖水閥不得小於一公斤。
	第三十一條	(給水箱及加壓設備)自來水水壓不足供應建築物衛生設備用水需要時，得依左列規定，設置重力水箱、水壓水箱或其他加壓設備。

(2)最高管壓：供水區內管網所承受最高水壓，係依管線條件而定。目前自來水事業單位雖已積極辦理管線汰舊換新之工作，惟其須投入大量人力、物力，非短時間內所能達成。依水規所民國98年所辦理之「中部區域供水系統聯合供水管理規劃」，管網水壓最高基準訂為每平方公分2.5公斤。然而各供水區內管線條件不一，且不同供水件下亦需另外考量適合之水壓，因此管網內承受水壓基準之訂定，尚涉及更細部管線特性及供水操作之探討，將依各供水區內供水設施限制條件加以訂定。

## (二)管網分析模式

本計畫管網水力分析採美國環保署所發展EPANET 2.0進行水力特性演算。水規所於民國98年辦理之「中部區域供水系統聯合供水管理規劃」，已針對苗栗、台中、南投、彰化及雲林地區既有管網利用EPANET 2.0模式進行水力分析。其可採用監視點實際測值進行演算分析，以研判各管段配水量及可能之低壓區，同時亦可模擬藉由新設管線或加壓設備，改變現有的輸水方式，來提供作為未來管網改善之參考，整體使用成果良好，故分析模式選用EPANET 2.0可充份滿足本計畫管網分析工作之要求。

EPANET最早於1960年代開始進行發展，至1970年代已臻完善，後續也不斷地加以改善與擴充，至西元2000年推出EPANET2.0。EPANET2.0為早先發表之EPANET視窗版本，開發了使用者圖形介面(GUI, Graphic Users' Interface)，同時利用元件化的管理方式，使分析工作進行更為簡化。EPANET演算功能強大，採用多次迭代方式求解水力與水質條件，對於節點或管線的數量並未限制，受到國際間自來水

相關業界之信賴。許多商業管網分析軟體，如MIKE NET、H2O NET等，皆是以EPANET為演算核心，再擴大發展各項展示與圖型介面。

EPANET提供水力和水質分析兩種計算功能，並具備了管(link)、節點(node)、抽水機(pump)、閥(valve)、水池(storage tank)、水庫(reservoir)等設施，提供實際分析的需要，本計畫僅利用其水力演算之功能，進行各項分析與演算。

EPANET水力分析時假設第*i*節點和第*j*節點間的總水頭(total water head)平衡方程式為：

$$H_i - H_j = h_{ij} \quad \text{式 5- 2}$$

上式中， $H_i$ 、 $H_j$ 分別為第*i*節點和第*j*節點的總水頭，而 $h_{ij}$ 為在兩節點間的水頭損失。而水頭損失的計算方式，採用哈森·威廉氏(Hazen Williams)公式：

$$h = 10.67 C^{-1.85} D^{-4.87} Q^{1.85} L \quad \text{式 5- 3}$$

上式， $h$ 為水頭損失(公尺)， $C$ 為哈森·威廉氏的摩擦係數， $Q$ 為流量(秒立方公尺)， $D$ 為管徑(公尺)， $L$ 為管長(公尺)。有關管線摩擦係數*C*值的選擇，一般都介於80~130間，依管種和使用年份不同而有差異。

EPANET藉由使用者建立的管網資料，使用質量守恆和能量守恆的觀念，可以建立各節點、管段間的控制方程式，求解時，進行反覆迭代(iteration)，即可以找到最佳解。EPANET2.0可以依照各節點與管線轉折點的座標，自動計算各節點間的管長，提供管網分析十分便利地協助，因此只需要預先了解各節點的座標和高程，就可以將各節點的資料輸

入，加上估算各節點的需水狀況，即可以建立演算區域內，所有需要計算的網格點，同時顯示在螢幕上。

總體而言，EPANET 2.0模式基本功能足夠，雖然其操作介面較為簡略，且在除錯驗證的功能上較為缺乏，但只要使用者有良好的水理知識，相當適合進行供水調配及管網分析演算使用。

### (三)供水管網分析模型建置與驗證

管網分析流程如圖5-6所示，其大致可分為3個步驟，(1)為建立管網基本資料，包括輸配水幹管、加壓站、配水池、淨水場等設施；(2)是分析管網的水壓或水量等狀況；(3)是展示分析成果。

建立管網基本資料可利用GIS軟體匯入相關管線、設施等資料，或是利用軟體介面直接建置，且需利用圖形視窗輸入相關參數，以利後續分析工作之進行。當所有管網元件的基本參數設定完成後，便可利用EPANET 2.0進行模擬分析的工作。EPANET 2.0依照管網的基本資料與參數進行模擬計算後，將得到每個元件之分析結果，如管線的水量或是節點的水頭等資料，並以圖形視窗展示管線或節點的分析結果。

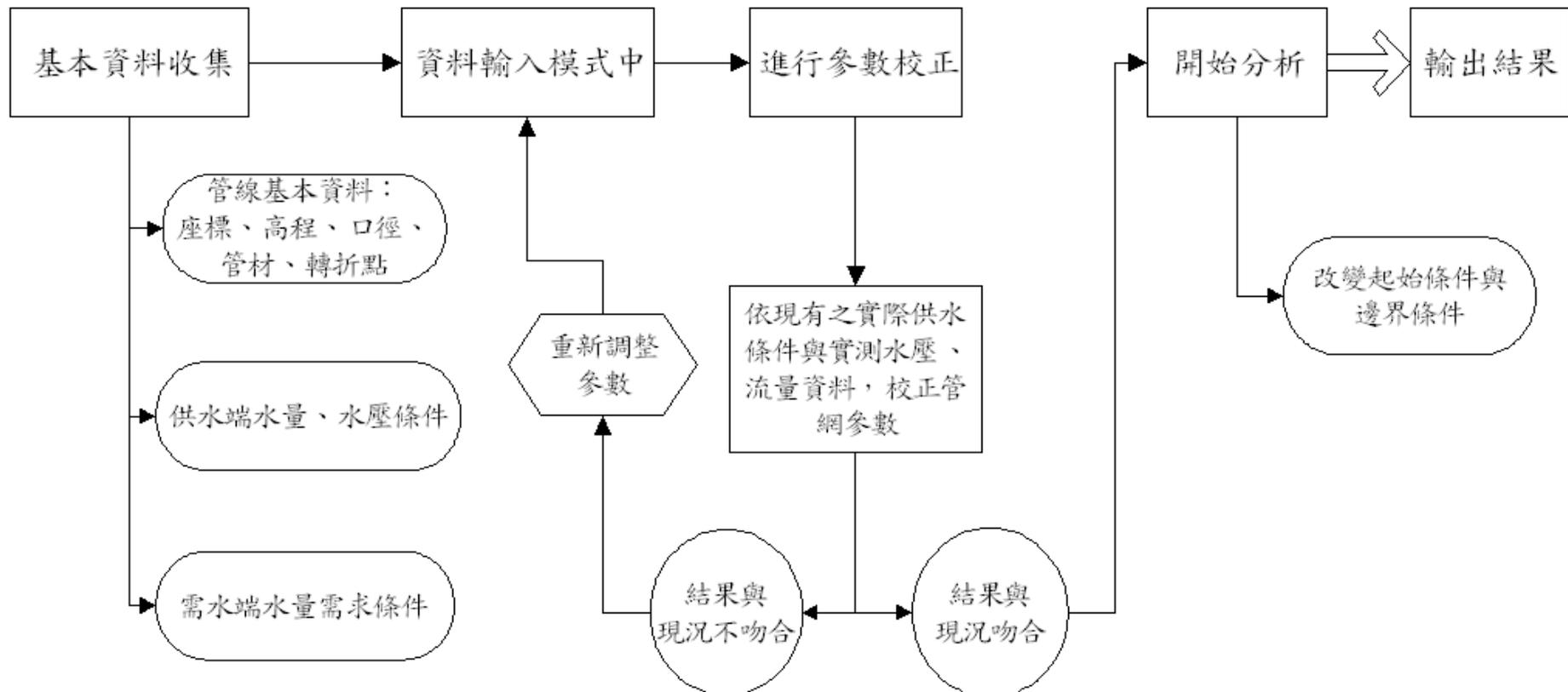


圖5-6 管網分析流程圖

管網分析模型之建置，除了各節點和管段資料之外，尚需各加壓站抽水機、配水池、閘栓的規格和操作狀況等基本資料。其中，抽水機輸入揚程-流量率定曲線部分，係由各加壓站抽水機之測試曲線(pumping test curve)輸入模式中；而配水池所需之水池底面積和水位上、下限、水池底床高程等資料，亦須取得相關資料並輸入模式；至於閘栓操作資料，則是配合各供水分區之實測水壓或計畫供水流量等資料加以設定。

在實際演算時，將供水區域區分為數個區塊，搭配各種情境所規劃之供水條件，分別就各項案例進行演算，因為許多加壓站、配水池的運轉條件也不同，所以依實際供水之條件，劃定各分區為首要之務。而各區原則上在管網系統與實際操作上可以成為獨立之區域，區域間之管線原則設定為關閉狀態，配合既有之輸配管線，自淨水場或支援點供應該區之所需。在建構管網系統時，各管網、加壓站之基本條件由水公司提供，分析模型建置步驟，說明如下：

- 1、取得管網基本資料，包括輸配水幹線、淨水場、配水池等資料，此外也必須包含測站資料，以利後續驗證管網參數設定。
- 2、於EPANET2.0模式建立管網系統，係將上述管網基本資料，使用模式提供之建置工具，於視窗介面上建立管網基本元件，或利用匯入功能將各設施資料匯入系統。EPANET2.0模式須輸入元件說明如表5-7所示。
- 3、輸入管網元件參數，以水公司提供之基本資料，在建置好的管網系統中設定各元件的參數資料。

- 4、輸入供水量與需水量資料，依照水公司提供之基本資料，設定管網系統供水量與需水量之設定。
- 5、以供水管網水壓、水量、水質分析模組進行管網之分析工作，並以測站資料進行參數調整之工作。
- 6、繪製區域管網水壓、水量模擬成果分析圖表，以供規劃工作所需。

**表 5-7 EPANET 2.0 模式輸入元件說明表**

	元 件	必填項目
1	管線(link)	起迄點節點名稱(caption)、管徑、摩擦系數、開閉狀態
2	節點(node)	坐標、高程、需水量(demand)
3	抽水機(pump)	率定曲線(pump curve)、開閉狀態、比速度
4	配水池(storage tank)	高程、容積曲線、初始水深、高低水深
5	水庫(淨水場)(reservoir)	高程
6	閘(valve)	閘種類、控制設定、管徑

管網分析模型建置後，需進行參數校正至模擬結果與現況吻合，才可以開始進行各種情境模擬。分析模型驗證方式如下：

- 1、管網基礎架構雖可由GIS數化資料予以導入，惟為符合實際情況，將再取得各供水區詳細之管網分佈資料，針對淨水場、加壓站、配水池、輸水管線等分佈進行比對。
- 2、各供水區管網分佈範圍廣且複雜，惟為達成計畫目標，管網分析模型之驗證將包括淨水場出水幹管及各供水分區主要配水管線，原則上包含管徑300毫米以上之管線。
- 3、管線C值為管網分析模型中最主要之參數，為使模擬結果符合實際，將蒐集供水系統各監視點水壓及水量資料來加以驗證C值。其過程如下：

- (1)設定各種不同之C值，先假設整個地區管線皆有相同C值，再依據監測系統中測得的水壓及水量為準調整。
- (2)設定將各加壓站出水流量和出水水壓視為上游邊界條件，而各節點的用水需求視為下游邊界條件，由EPANET 2.0模式進行演算分析。
- (3)比較計算值與監測值的差值與相關係數(r)，以選用1個較佳的供水管網電腦模型。差值為實測值與計算值相減的絕對值，愈小表示2個數值愈接近。相關係數(r)為從-1.0至+1.0的無方向性係數，用以反應出2個資料組之間線性程度。
- (4)加壓站、抽水機之操作主要是由抽水機特性曲線(率定曲線)所控制，EPANET 2.0提供多種特性曲線之設定方式，包括單點法、3點法與多點法等。本計畫由水公司及北水處提供各加壓站抽水機額定流量與揚程後，以單點法進行曲線設定。由於各加壓站實際存在多台抽水機，在各台抽水機之開關操作部分，主要參考加壓站整體的操作水頭(OPH)，加上供水分區之需求量作為出水量，調整抽水機的開關台數。
- (5)EPANET 2.0模式提供多種閘栓之功能，如表5-8所示，常用之閘類為逆止閘、持壓閘與流量控制閘。在本計畫分析工作中，除有特別之設定外，管線多採用開放(open)狀態，部分管線為配合加壓站實際出水量，會於管線中加設流量控制閘，控制管線最大流量。

**表 5-8 EPANET 2.0 模式閥栓種類與功能說明表**

閥栓名稱	功 能
PRV(pressure reducing valve)減壓閥	將通過水流的水壓減至設定值
PSV(pressure sustaining valve)持壓閥	水壓超過設定值才會允許通水
PBV(pressure breaking valve)水壓遮斷閥	降低管線中設定水壓
FCV(flow control valve)流量控制閥	控制最大流量
TCV(throttle control valve)控制閥	利用設定水頭損失係數控制水壓
GPV(general purpose valve)控制閥	利用預先輸入之流量—水頭損失關係控制流量

各供水區管網模型建置與驗證成果說明如下：

### 1、苗栗地區

#### (1)模型建置成果

本區模型建置成果如圖5-7所示，其包含：

- A. 鯉魚潭、明德及東興等3個淨水場及其抽水機、配水池，其中鯉魚潭淨水場主要供應鯉魚潭供水系統，明德及東興淨水場主要供應苗栗供水系統及竹南頭份供水系統，大湖及南庄供水系統為獨立供水系統，不列入管網分析。
- B. 伯公坑、裕隆加壓站之抽水機、配水池。
- C. 管徑400毫米(含)以上之管線及節點。
- D. 需水量係採用台水公司之水力分析圖推估，再配合各淨水場實際總出水量比較，用比例法推估各節點之實際需水量。

#### (2)驗證成果

本區驗證工作依據台水公司第三區處監控中心提供之監測點資料，全區選擇5種不同C值(120、110、100、90及80)進行管網分析計算，其驗證結果如表5-10所示。由表中可知共有4個監測點，在C值為120、110、100、90及80的情況下之相關係數皆為1.000、1.000、1.000、0.999、0.998，

因C值為100之相關係數最高且差值平均為最小，故本計畫將本區C值定為100以利後續方案分析之用。

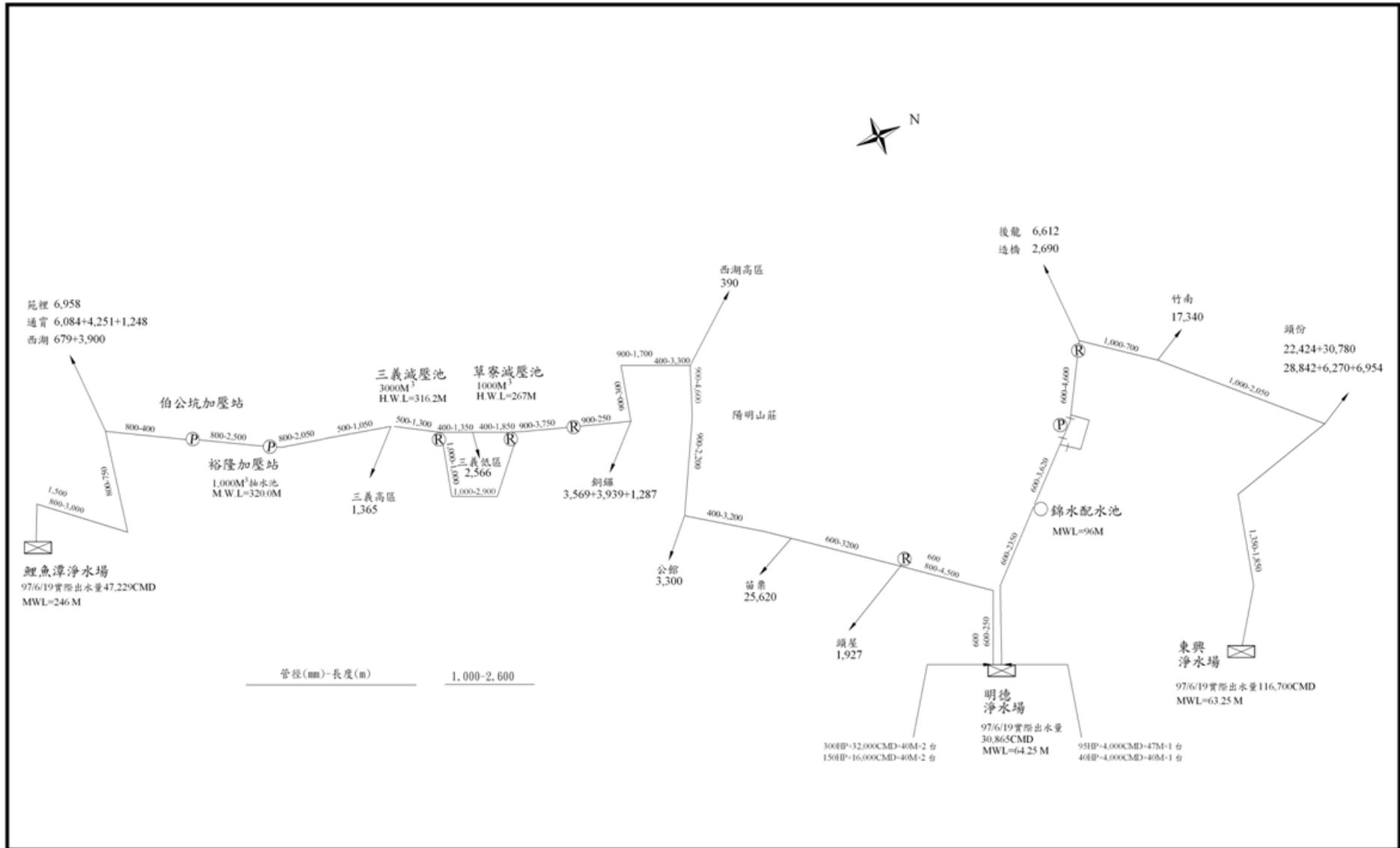


圖5-7 苗栗地區現有管網設備圖

表 5-9 苗栗地區供水系統各加壓站運轉基本資料表

項次	加壓站名稱	抽水機台數	配水池 容量 (M <sup>3</sup> )	水池尺寸(M)					HWL (M)	LWL (M)	MWL (M)	OPH (M)
				矩形			圓形					
				長	寬	高	直徑	高				
1	東興淨水場加壓站	重力供水	-	-	-	-	-	-	-	63.25	-	
2	明德淨水場加壓站	300HP(40M;32,000CMD)×2 台 150HP(40M;16,000CMD)×2 台 95HP(47M;4,000CMD)×1 台 40HP(40M;4,000CMD)×1 台	2,000 10,000	26.00	14.00	5.00	-	-	66.25	-	64.25	
3	伯公坑加壓站	300HP(18M;70,000CMD)×4 台	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	裕隆淨水場加壓站	150HP(69M;9,500CMD)×3 台 200HP(82M;10,000CMD)×3 台	1,000	-	-	-	16.50	5.00	316.20	311.20	-	
5	鯉魚潭淨水場加壓站	送苗栗地區(規劃中) 300HP(18M;70,000CMD)×4 台	50,000	-	-	-	104.00	5.90	-	-	246.00	

(資料來源：1.台灣自來水公司第三區處理處。

2.「鯉魚潭溪水廠至苗栗地區送水管計畫」，台灣自來水公司，民國 97 年 5 月。)

表 5-10 苗栗管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表

監測點	項目	單位	監測值	模擬值					模擬差值				
				C120	C110	C100	C90	C80	C120	C110	C100	C90	C80
尖山國小加壓站	操作水頭	M	40.10	43.60	43.38	43.09	42.71	42.19	3.5	3.28	.299	2.61	2.09
竹南頭份營運所(民族路)	操作水頭	M	41.00	42.43	42.22	41.96	41.60	41.11	1.43	1.22	0.96	0.60	0.11
頭屋橋西側	操作水頭	M	43.00	46.01	45.14	44.00	42.49	40.41	3.02	2.14	1.00	0.51	2.59
三義伯公坑加壓站	操作水頭	M	105.00	106.79	106.73	106.65	106.54	106.39	1.79	1.73	1.65	1.54	1.39
差值平均									2.43	2.093	1.65	1.32	1.55
相關係數(r)									1.000	1.000	1.000	0.999	0.998

(資料來源：1.模擬值：本計畫整理。

2.監測值：台水公司三區處。)

## 2、台中地區

### (1)模型建置成果

本區模型建置成果如圖5-8所示，其包含：

- I. 豐原、鯉魚潭等2個淨水場、配水池，此二個淨水場供應台中區供水系統，可再經由管線供應至新社、霧峰、東勢、大肚、大甲、外埔等其他供水系統；卓蘭、梨山及谷關供水系統屬獨立供水系統，不納入管網分析。
- II. 管徑500毫米(含)以上之管線及節點。
- III. 需水量的計算係採用台水公司之取水點及監視點所測得之值。

### (2)驗證成果

本區驗證工作依據台水公司之監測點資料(「后里每日60萬立方公尺第二淨水場下游送水幹管」規劃期末報告書，自來水公司，民國97年)，全區選擇5種不同C值(120、110、100、90及80)進行管網分析計算，其驗證結果如表5-12所示。由表中可知共有4個監測點，在C值為120、110、100、90及80的情況下之相關係數分別為0.998、0.998、0.998、0.997及0.993。因C值為100之相關係數最接近1.0，其相關性最高，以及差值平均小，故本計畫將C值定為100以利後續方案分析之用。

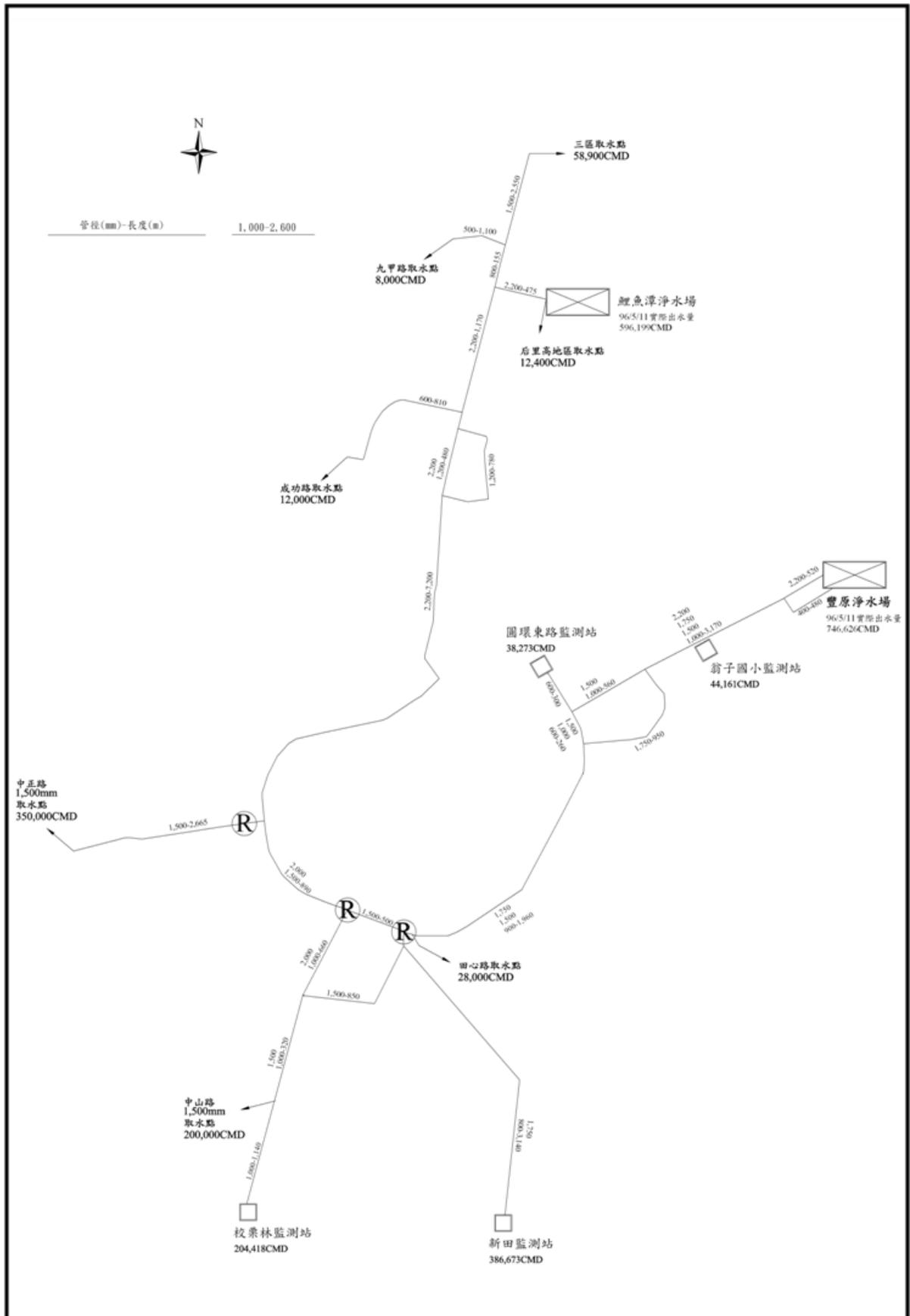


圖5-8 台中地區現有管網設備圖

表 5-11 台中地區台中供水系統主要加壓站運轉基本資料表

項次	淨水場名稱	抽水機台數	配水池 容量 (M3)	水池尺寸(M)					HWL (M)	LWL (M)	MWL (M)	OPH (M)
				矩形			圓形					
				長	寬	高	直徑	高				
1	豐原淨水場	重力供水	40,000	92.8	70.0	6.9	-	-	263	257	-	-
2	鯉魚潭淨水場	重力供水	250,000	118.0	74.0	5.9	22.0	-	251.8	245.9	-	-

(資料來源：「大台中自來水供水規劃」，台灣自來水公司，民國 90 年。)

表 5-12 台中管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表

監測點	項目	單位	監測值	模擬值					模擬差值				
				C120	C110	C100	C90	C80	C120	C110	C100	C90	C80
翁子國小	操作水頭	M	244.55	245.07	244.43	243.60	242.50	240.99	0.52	0.12	0.95	2.05	3.56
圓環東路	操作水頭	M	235.50	240.59	239.21	237.41	235.02	231.73	5.09	3.71	1.91	0.48	3.77
校栗林	操作水頭	M	197.20	202.42	200.56	198.16	194.97	190.57	5.22	3.36	0.96	2.23	6.63
新田	操作水頭	M	197.50	202.60	201.94	201.04	199.82	198.06	5.10	4.44	3.54	2.32	0.56
差值平均	-	-	-	-	-	-	-	-	3.98	2.91	1.84	1.77	3.63
相關係數(r)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.998	0.998	0.998	0.997	0.993

(資料來源：1.模擬值：本計畫整理。

2.監測值：「后里 60 萬立方公尺/日第二淨水場及下游送水幹管」規劃期末報告書，台灣自來水公司，民國 97 年。)

### 3、南投地區

#### (1)模型建置成果

本區模型建置成果如圖5-9所示，其包含：

- I.集集淨水場、配水池，主要供應南投系統、水里系統及草屯系統，另埔里、大平頂、霧社、日月潭、德化、東光信義、坪頂、鹿谷、地利、人倫、羅娜、國姓等供水系統屬獨立供水系統，不納入管網分析。
- II.管徑300毫米(含300毫米)以上之管線及節點。
- III.需水量的計算係採用台水公司之取水點及監視點所測得之值。

#### (2)驗證成果

本區驗證工作依據台水公司之監測點資料，全區選擇5種不同C值(120、110、100、90及80)進行管網分析計算，其驗證結果如表5-14所示。由表中可知共有4個監測點，在C值為120、110、100、90及80的情況下之相關係數分別為0.940、0.961、0.986、0.978及0.972。因C值為100之相關係數最接近1.0，其相關性最高，以及差值平均小，故本計畫將C值定為100以利後續方案分析之用。

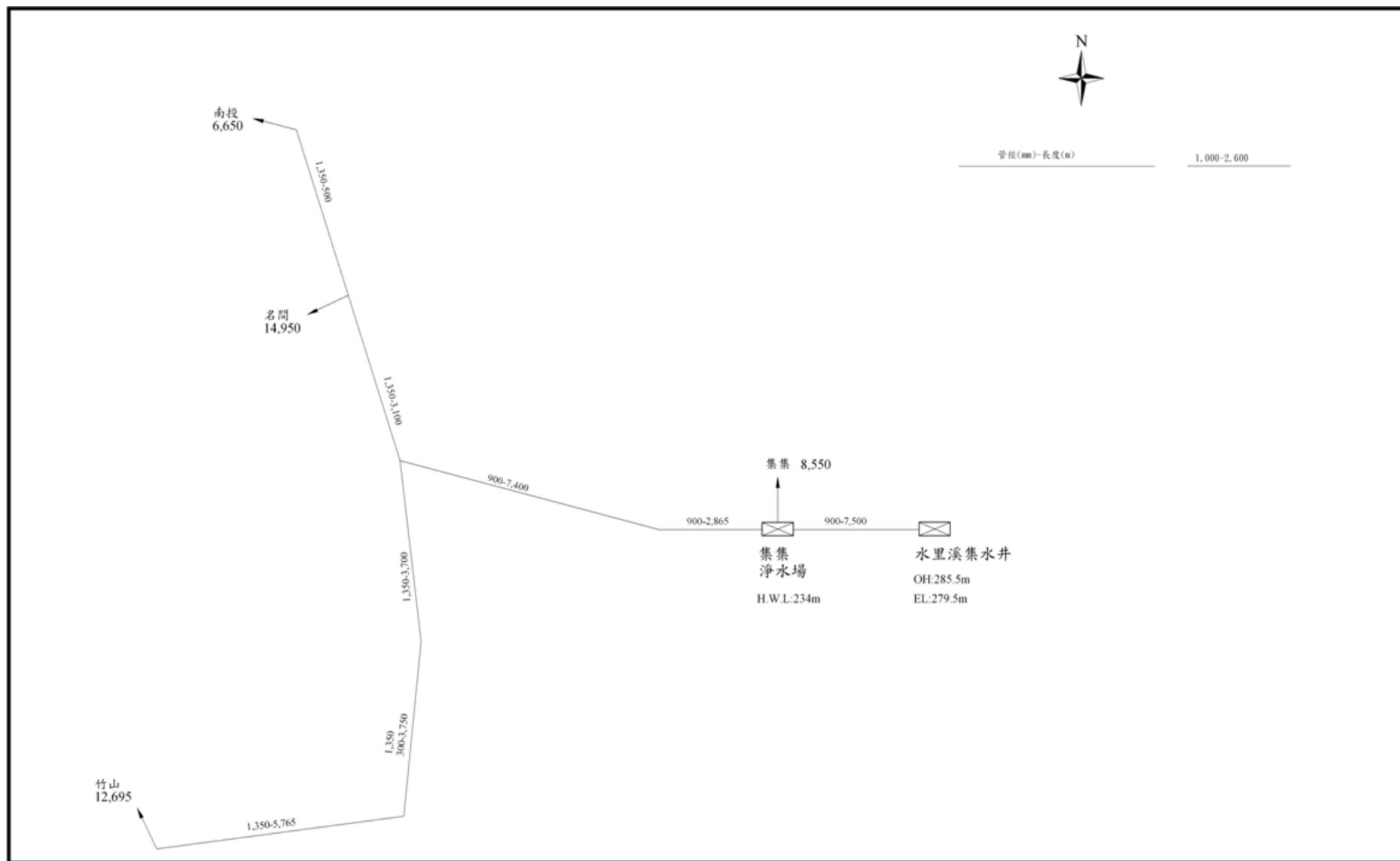


圖5-9 南投地區現有管網設備圖

表 5-13 南投地區供水系統各加壓站運轉基本資料表

項次	加壓站名稱	抽水機台數	配水池 容量 (M3)	水池尺寸(M)				
				矩形			圓形	
				長	寬	高	直徑	高
1	集集淨水場清水池	重力供水	4,000	36.90	27.50	4.90	-	-
2	林場前配水池(洞角)	重力供水	1,000	118.0	74.0	5.9	16.80	4.50

(資料來源：台灣自來水公司第四區管理處。)

表 5-14 南投管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表

監測點	項目	單位	監測值	模擬值					模擬差值				
				C120	C110	C100	C90	C80	C120	C110	C100	C90	C80
南投市區	操作水頭	M	50.00	49.72	49.71	49.68	49.65	49.60	0.28	0.30	0.32	0.35	0.40
管徑 900mm 持壓閘	剩餘水頭	M	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	操作水頭	M	55.00	59.44	58.97	58.36	57.55	56.44	4.44	3.97	3.36	2.55	1.44
竹山市區	操作水頭	M	27.00	34.29	31.51	27.90	23.11	16.13	7.29	4.51	0.91	3.89	10.87
明竹大橋	操作水頭	M	25.00	39.04	36.57	33.37	29.10	22.86	14.02	11.57	8.37	4.10	2.14
差值平均	-	-	-	-	-	-	-	-	5.21	4.07	2.59	2.18	2.97
相關係數(r)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.940	0.961	0.986	0.978	0.972

(資料來源：1.模擬值：本計畫整理。

2.監測值：台水公司四區處。)

#### 4、彰化地區

##### (1)模型建置成果

彰化地區共有12個供水系統，因系統眾多，考量彰化供水系統之供水量較大且未來規劃彰化地區管線時會利用到其既有管線，故本區模型建置驗證以彰化系統為主，本區模型建置成果如圖5-10所示，其包含：

- A.第一、第三、和美及全興等4個淨水場及其抽水機、配水池。
- B.公園、南郭、中興等3個加壓站及其抽水機、配水池。
- C.管徑200毫米(含200毫米)以上之管線及節點。
- D.需水量的計算係採用水公司之水力分析圖依比例法推估，其推估方式同苗栗地區。

##### (2)驗證成果

本區驗證工作依據台水公司第十一區管理處之監測點資料，全區選擇5種不同C值(120、110、100、90及80)進行管網分析計算，其驗證結果如表5-16所示。由表中可知共有3個監測點，在C值為120、110及100的情況下之相關係數分別為0.963、0.968及0.970，C值為90及80時監測點出現負壓故不選用，因C值為100之相關係數最接近1.0，其相關性最高，故本計畫將C值定為100以利後續方案分析之用。



表 5-15 彰化地區彰化供水系統各加壓站運轉基本資料表

項次	加壓站名稱	抽水機台數	配水池 容量 (M <sup>3</sup> )	水池尺寸(M)					HWL (M)	LWL (M)	NWL (M)	OPH (M)
				矩形			圓形					
				長	寬	高	直徑	高				
1	第一淨水場加壓站	30HP(45M;2,500CMD)×2 台 20HP(120M;600CMD)×1 台 60HP(120M;2,000CMD)×2 台 15HP(40M;1,600CMD)×1 台 55HP(75M;3,200CMD)×1 台 50HP(75M;3,000CMD)×1 台 10HP(20M;1,700CMD)×2 台 15HP(40M;1,600CMD)×1 台	900 1,500	18.0 24.0	18.0 25.0	3.0 3.0	- -	35.4	-	-	-	
3	第三淨水場加壓站	175HP(60M;10,500CMD)×2 台 150HP(60M;10,500CMD)×1 台 75HP(60M;4,600CMD)×2 台 150HP(30M;22,000CMD)×1 台 100HP(30M;14,500CMD)×1 台	7,000 2,000	42.0 42.0	42.0 26.0	4.0 2.0	- -	13.8 13.8 13.8	-	-	-	
4	和美淨水場加壓站	40HP(40M;4,300CMD)×3 台 40HP(25M;6,000CMD)×1 台	2,200 600	25.5	17.0	5.0	22.0 2.0	29.9 29.9	-	-	-	
5	全興淨水場加壓站	50HP(23M;8,600CMD)×4 台 35HP(20M;7,600CMD)×1 台 200HP(55M;17,000CMD)×1 台 65HP(29M;9,000CMD)×2 台	4,500	45.0	45.0	2.0	- -	12.0 12.0 12.0	-	-	-	
6	公園加壓站	30HP(24M;1,955CMD)×1 台	-	-	-	-	-	52.5	49.0	51.0	-	
7	南郭加壓站	10HP(20M;2,100CMD)×1 台	-	-	-	-	-	52.5	49.0	51.0	-	
8	中興加壓站	20HP(25M;3,400CMD)×1 台 40HP(36M;4,700CMD)×1 台 50HP(81M;2,600CMD)×1 台	-	-	-	-	-	52.5	49.0	51.0	-	

(資料來源：1.「彰化區供水規劃報告」，台灣自來水公司中區工程處，民國 90 年。 2.彰化給水廠。)

表 5-16 彰化管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表

監測點	項目	單位	監測值	模擬值					模擬差值				
				C120	C110	C100	C90	C80	C120	C110	C100	C90	C80
公園加壓站	剩餘水頭	M	3.10	5.61	5.10	4.45	3.59	2.44	2.51	2.00	1.35	0.49	0.66
南郭加壓站	剩餘水頭	M	3.00	1.92	1.11	0.08	負壓	負壓	1.08	1.90	2.92	負壓	負壓
	操作水頭	M	20.60	17.30	17.26	17.18	17.02	3.88	3.30	3.34	3.42	3.58	3.88
中興加壓站	剩餘水頭	M	3.20	5.63	4.29	2.61	0.43	負壓	2.43	1.10	0.59	2.77	負壓
	操作水頭	M	16.60	12.39	12.12	11.77	11.30	5.95	4.21	4.48	4.83	5.30	5.95
差值平均									2.90	2.56	2.62	3.03	3.50
相關係數(r)									0.963	0.968	0.970	負相關	負相關

(資料來源：1.模擬值：本計畫整理。

2.監測值：台水公司十一區處。)

## 5、雲林地區

### (1)模型建置成果

本區模型建置成果如圖5-11所示，其包含：

- I.供應古坑、林內、崙背供水系統，麥寮及四湖為獨立供水系統，不列入管網分析。
- II.北港加壓站，其為管中加壓。
- III.管徑500毫米(含500毫米)以上之管線及節點。
- IV.需水量的計算係採用台水公司之水力分析圖依比例法推估，其推估方式同苗栗地區。

### (2)驗證成果

本區驗證工作依據台水公司第五區管理處監控中心提供之監測點資料，全區選擇5種不同C值(120、110、100、90及80)進行管網分析計算，其驗證結果如表5-18所示。由表中可知共有6個監測點，在C值為120、110、100、90及80的情況下之相關係數分別為0.963、0.975、0.991、0.952及負相關。因C值為100之相關係數最接近1.0，其相關性最高，故本計畫將C值定為100以利後續方案分析之用。

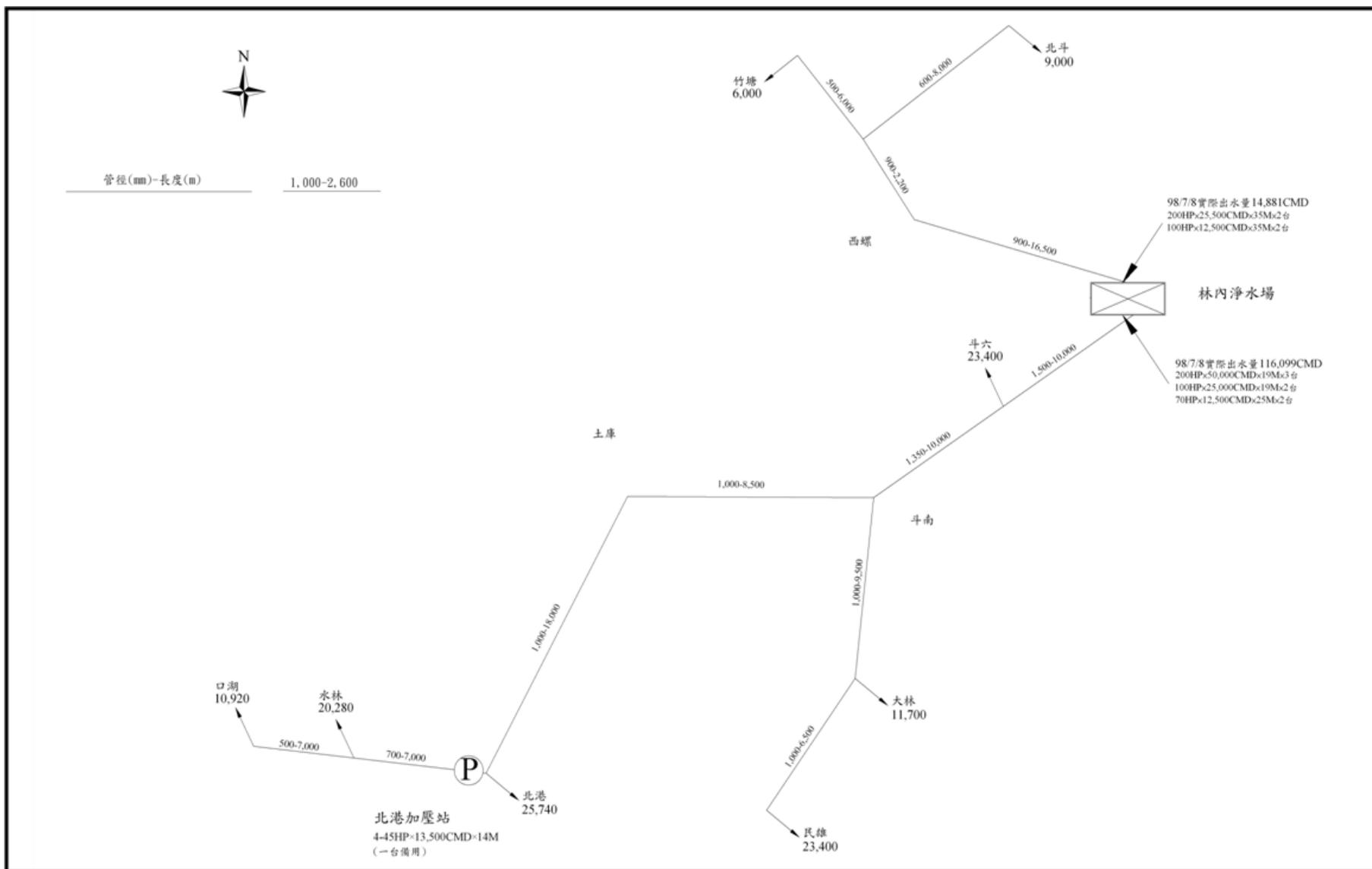


圖5-11 雲林地區現有管網設備圖

表 5-17 雲林地區供水系統各加壓站運轉基本資料表

項次	加壓站名稱	抽水機台數	配水池 容量 (M3)	水池尺寸(M)					HWL (M)	LWL (M)	NWL (M)	OPH (M)
				矩形			圓形					
				長	寬	高	直徑	高				
1	林內淨水場加壓站	送嘉雲地區 200HP(19M;50,000CMD)×3 台 100HP(19M;25,000CMD)×2 台 70HP(25M;125,000CMD)×2 台 送彰化地區 200HP(35M;25,5000CMD)×2 台 100HP(35M;12,500CMD)×2 台	54,400	151.00	76.00	5.00	-	-	69.00	64.00	-	-
2	北港加壓站	45HP(14M;13,500CMD)×4 台 (其中一台備用)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(資料來源：「集集堰下游自來水工程計畫-林內淨水場第一期淨水設備(試車通水計畫書)」，台灣自來水公司中區工程處，民國 93 年。)

表 5-18 雲林管網分析不同 C 值模擬計算值與監測值分析比較表

監測點	項目	單位	監測值	模擬值					模擬差值				
				C120	C110	C100	C90	C80	C120	C110	C100	C90	C80
萬年橋	剩餘水頭	M	25.50	27.35	26.86	26.21	25.35	24.17	1.85	1.36	0.71	0.15	1.33
明德路	操作水頭	M	22.50	25.22	24.61	23.81	22.75	21.30	2.72	2.11	1.31	0.25	1.20
建國路	剩餘水頭	M	32.50	34.62	33.32	31.64	29.41	26.33	2.12	0.82	0.86	3.09	6.17
土庫大橋	操作水頭	M	28.00	34.12	32.10	29.49	26.00	21.20	6.12	4.10	1.49	2.00	6.80
林森路	剩餘水頭	M	33.20	39.94	37.41	34.14	29.77	23.77	6.74	4.21	0.94	3.43	9.43
北港所	操作水頭	M	38.00	48.63	43.99	37.97	29.96	18.94	10.63	5.99	0.03	8.04	19.06
差值平均									5.03	3.10	0.89	2.83	7.33
相關係數(r)									0.963	0.975	0.991	0.952	負相關

(資料來源：1.模擬值：本計畫整理。

2.監測值：台水公司五區處。)

#### (四) 各鄉鎮缺水情況分布矩陣

本計畫完成管網分析建置與驗證，並將依此管網模式分析苗栗、台中、彰化、雲林及南投地區在不同缺水率下，各供水分區之缺水情況，以求得各鄉鎮之不同缺水情況之分布矩陣，主要分析之配水打折率共分為10級依序為正常供水、淨水廠打折供水90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%及10%。其中，在不同的供水打折率下，各供水需求點的供應量也不同，本模式主要分配原則為各管線不得為負壓，其次為接近淨水廠的需求點之配水百分需高於遠離淨水廠的需求點配水百分比。中區縣市之各鄉鎮之不同缺水情況結果如表5-19~表5-23所示。中部區域各鄉鎮之缺水分佈地圖如圖5-12~圖5-20所示，其中0%~10%為嚴重缺水狀況，以此類推90%~100%為不缺水狀況。

**表 5-19 苗栗縣之不同缺水情況之分布矩陣表**

全區供水	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
苑裡鎮	83%	73%	65%	53%	44%	34%	23%	14%	7%
通霄鎮	83%	73%	65%	53%	44%	34%	23%	14%	7%
西湖鄉	83%	73%	65%	53%	44%	34%	23%	14%	7%
三義鄉	83%	73%	65%	53%	44%	34%	23%	14%	7%
銅鑼鄉	83%	73%	65%	53%	44%	34%	23%	14%	7%
公館鄉	82%	81%	71%	61%	51%	40%	31%	21%	11%
苗栗市	82%	81%	71%	61%	51%	40%	31%	21%	11%
頭屋鄉	82%	81%	71%	61%	51%	40%	31%	21%	11%
造橋鄉	82%	81%	71%	61%	51%	40%	31%	21%	11%
竹南鎮	95%	83%	72%	63%	53%	43%	33%	23%	12%
頭份鎮	95%	83%	72%	63%	53%	43%	33%	23%	12%
後龍鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

表 5-20 台中市之不同缺水情況之分佈矩陣表

全區供水	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
中區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
東區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
西區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
北區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
南區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
西屯區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
北屯區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
南屯區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
豐原區	92%	84%	74%	61%	51%	41%	31%	21%	11%
大里區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
太平區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
東勢區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
大甲區	98%	87%	77%	64%	54%	44%	34%	24%	14%
清水區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
沙鹿區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
梧棲區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
后里區	98%	87%	77%	64%	54%	44%	34%	24%	14%
神岡區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
潭子區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
大雅區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
新社區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
石岡區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
外埔區	98%	87%	77%	64%	54%	44%	34%	24%	14%
大安區	98%	87%	77%	64%	54%	44%	34%	24%	14%
烏日區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
大肚區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
龍井區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
霧峰區	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
和平區	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
卓蘭鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

表 5-21 南投縣之不同缺水情況之分佈矩陣表

全區供水	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
南投市(1)	88%	79%	69%	59%	49%	39%	29%	18%	10%
南投市(2)	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	16%	4%
草屯鎮	95%	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	15%
竹山鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
集集鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
名間鄉	90%	77%	67%	57%	46%	37%	27%	17%	5%
中寮鄉(1)	88%	79%	69%	59%	49%	39%	29%	18%	10%
中寮鄉(2)	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	16%	4%
水里鄉	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
芬園鄉(1)	88%	79%	69%	59%	49%	39%	29%	18%	10%
芬園鄉(2)	95%	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	15%

表 5-22 彰化縣之不同缺水情況之分佈矩陣表

全區供水	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
二水鄉	87%	76%	65%	56%	47%	36%	26%	15%	6%
二林鎮	90%	79%	69%	58%	48%	39%	30%	20%	8%
大村鄉	90%	79%	68%	57%	48%	38%	30%	20%	7%
大城鄉	85%	76%	65%	56%	47%	36%	26%	15%	6%
北斗鎮	89%	78%	68%	57%	48%	38%	27%	17%	7%
永靖鄉	89%	78%	68%	57%	48%	38%	27%	17%	7%
田中鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	21%	10%
田尾鄉	89%	77%	67%	57%	47%	37%	27%	17%	7%
竹塘鄉	86%	76%	65%	56%	47%	35%	26%	15%	5%
伸港鄉	90%	78%	68%	57%	48%	38%	30%	19%	7%
秀水鄉	90%	78%	68%	57%	48%	38%	27%	17%	7%
和美鎮	90%	81%	70%	61%	51%	40%	31%	21%	11%
社頭鄉	90%	80%	70%	60%	51%	40%	30%	21%	10%
花壇鄉	90%	79%	69%	58%	49%	39%	30%	20%	8%
芳苑鄉	90%	78%	68%	57%	48%	38%	27%	19%	7%
員林鎮	90%	82%	73%	63%	52%	43%	32%	22%	13%
埔心鄉	89%	78%	68%	57%	48%	38%	27%	17%	7%
埔鹽鄉	89%	77%	67%	57%	47%	37%	27%	17%	7%
埤頭鄉	89%	77%	67%	57%	47%	36%	27%	16%	6%
鹿港鎮	92%	79%	70%	58%	49%	40%	29%	18%	9%
溪州鄉	88%	77%	67%	57%	47%	36%	27%	16%	6%
溪湖鎮	90%	79%	69%	58%	49%	40%	30%	20%	9%
彰化市	90%	82%	71%	63%	52%	41%	32%	22%	12%
福興鄉	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	21%	10%
線西鄉	90%	80%	70%	61%	51%	40%	30%	21%	11%

表 5-23 雲林縣之不同缺水情況之分佈矩陣表

全區供水	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
林內鄉	94%	85%	75%	65%	55%	45%	35%	25%	15%
斗六市	93%	83%	73%	63%	53%	43%	33%	23%	13%
古坑鄉	92%	83%	73%	63%	53%	43%	33%	23%	13%
虎尾鎮	92%	82%	72%	62%	52%	42%	32%	22%	12%
大埤鄉	92%	82%	72%	62%	52%	42%	32%	22%	12%
斗南鎮	92%	82%	72%	62%	52%	42%	32%	22%	12%
荊桐鄉	92%	82%	72%	62%	52%	42%	32%	22%	12%
西螺鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
土庫鎮	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
元長鄉	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
四湖鄉	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
二崙鄉	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
崙背鄉	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
褒忠鄉	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
北港鎮	88%	78%	68%	59%	49%	39%	29%	19%	9%
東勢鄉	85%	74%	64%	55%	45%	35%	25%	15%	5%
臺西鄉	85%	74%	64%	55%	45%	35%	25%	15%	5%
水林鄉	85%	75%	65%	54%	44%	34%	24%	14%	4%
麥寮鄉	84%	74%	64%	54%	44%	34%	24%	14%	4%
口湖鄉	84%	74%	64%	54%	44%	34%	24%	14%	4%

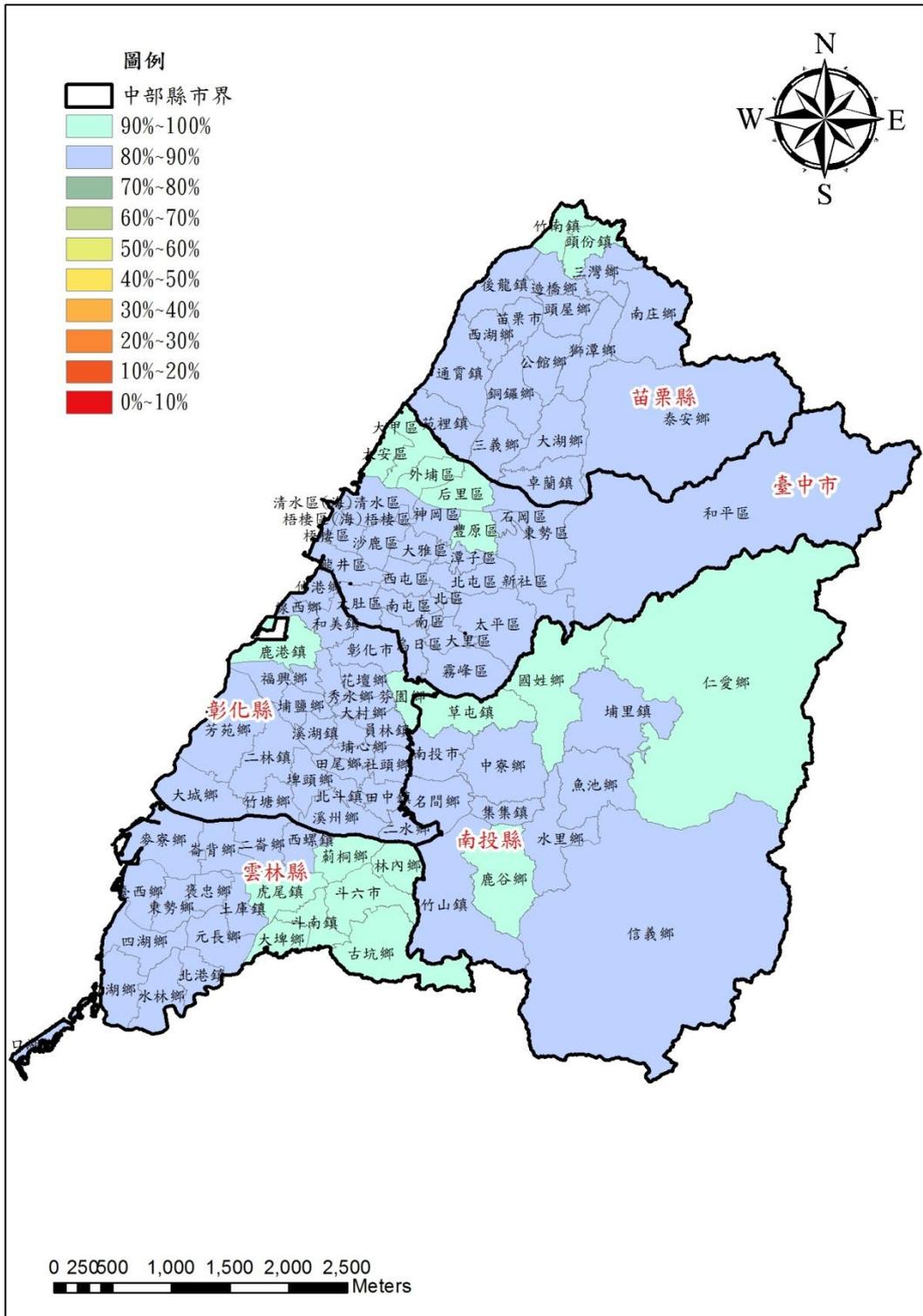


圖5-12 中部區域水源供應90%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

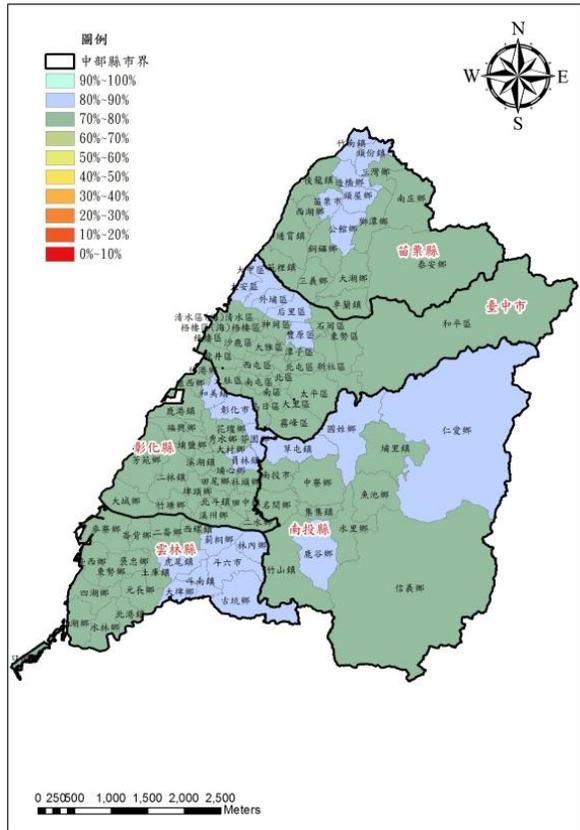


圖5-13 中部區域水源供應80%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

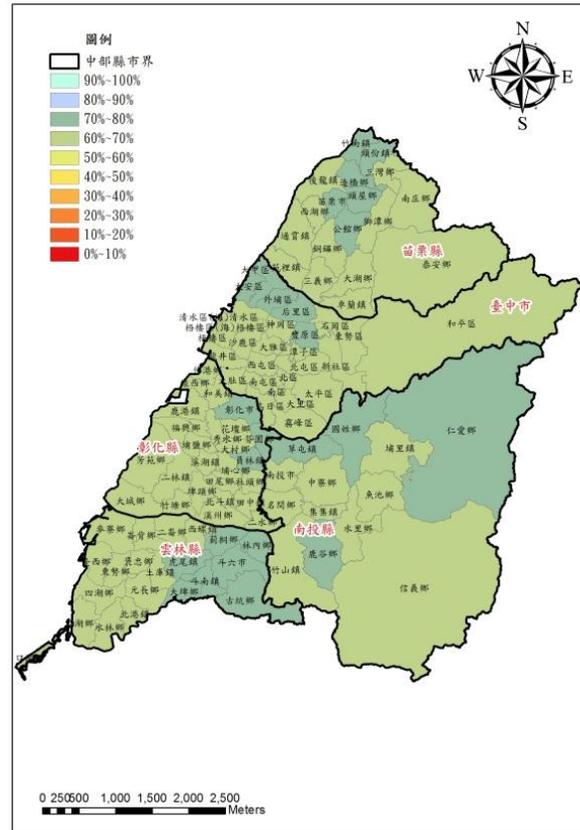


圖5-14 中部區域水源供應70%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

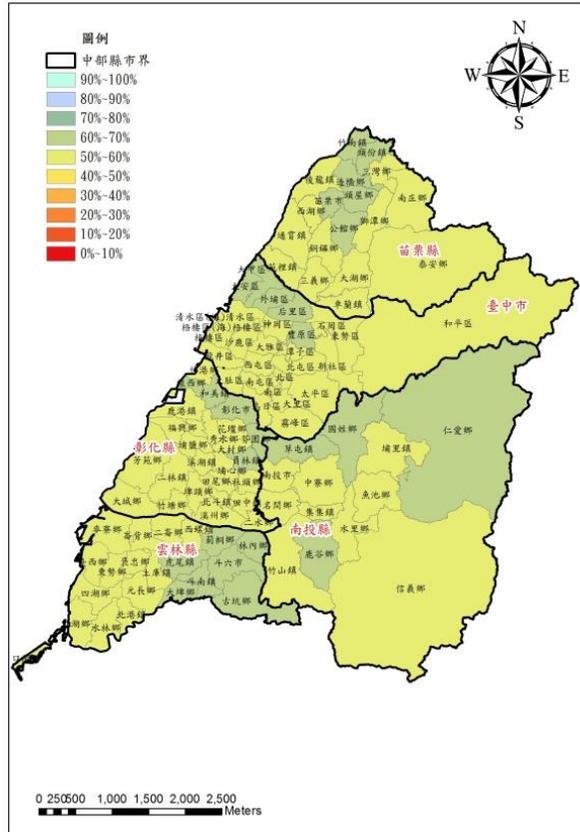


圖5-15 中部區域水源供應60%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

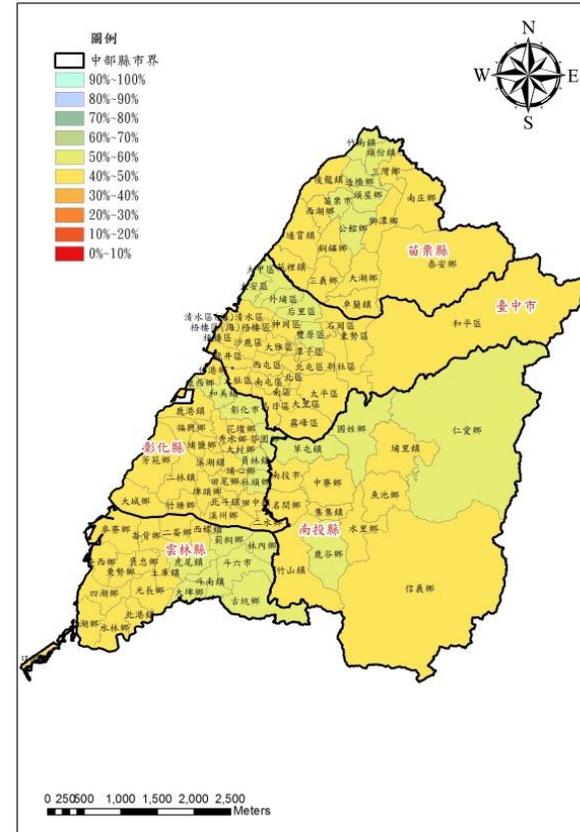


圖5-16 中部區域水源供應50%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

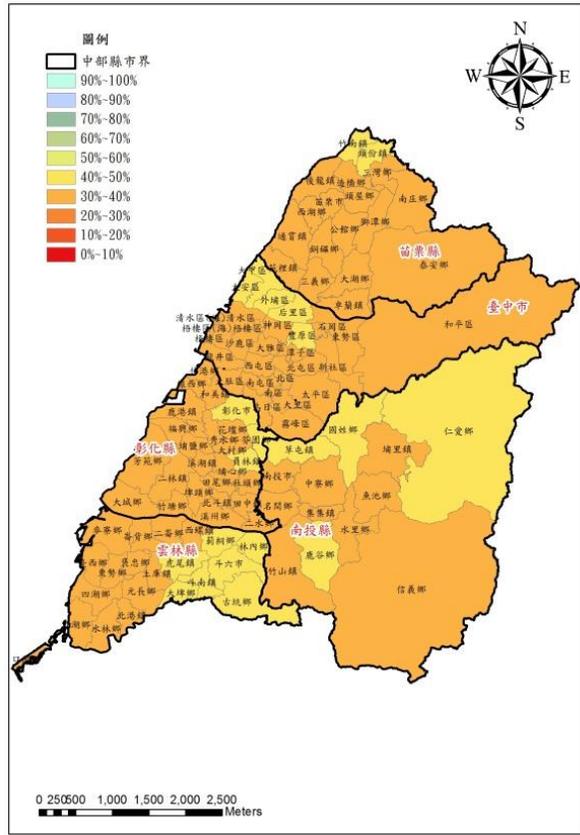


圖5-17 中部區域水源供應40%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

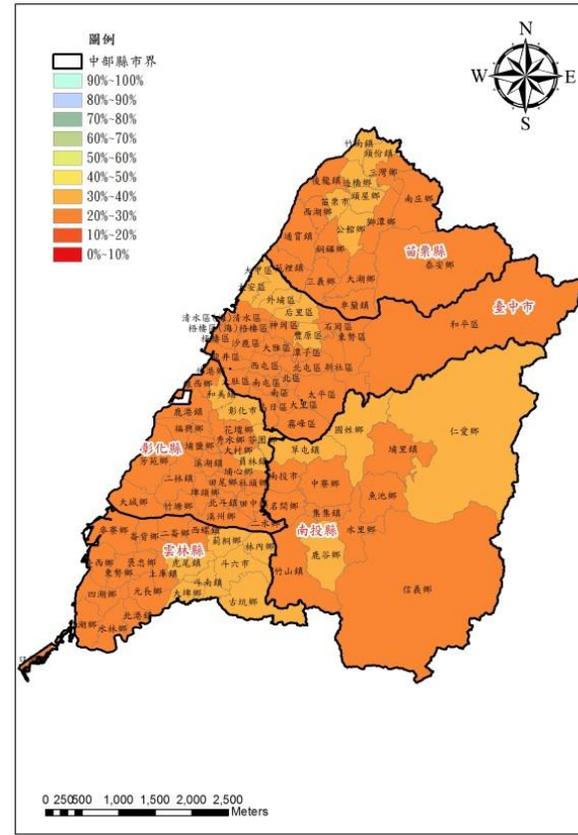


圖5-18 中部區域水源供應30%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

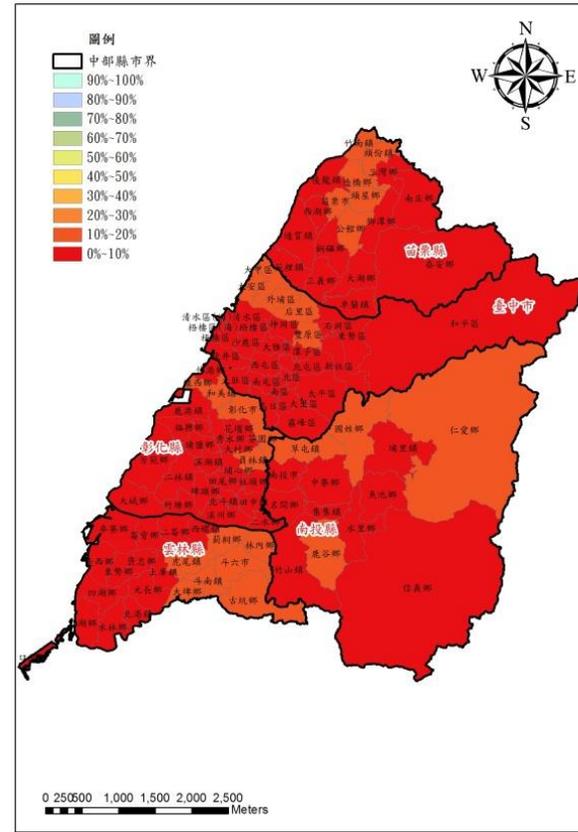
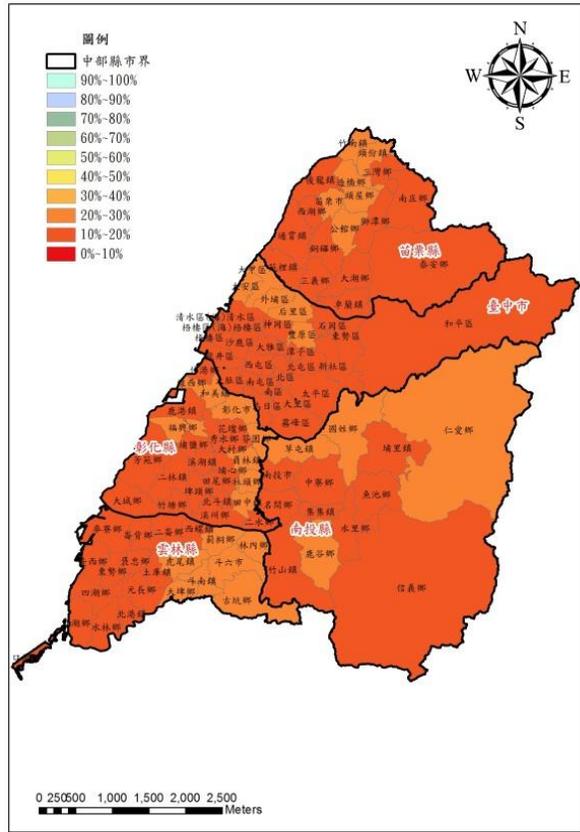


圖5-19 中部區域水源供應20%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

圖5-20 中部區域水源供應10%下之各鄉鎮缺水分佈地圖

#### (五) 各鄉鎮缺水潛勢分析結果(現況供水系統)

根據前述建置之各鄉鎮缺水情況分佈矩陣，配合以Vensim建立之現況供水系統之系統動力模型，配合本計畫建立之Vensim調配模式，即可求得各鄉鎮在不同氣候變遷情境下之缺水潛勢，本計畫所述之現況系統係指除現存水資源系統外，亦納入大安大甲溪水源聯合運用輸水工程及湖山水庫。以DPD指標與SI指標來反映各地區之缺水潛勢，結果詳見表5-24~表5-38所示。其說明如下：

##### 1. 苗栗地區

苗栗地區在A1B情境下，DPD變化介於2922~5430，DPD屬於第4~5級，而SI變化介於1.02~3.03；在A2情境下，DPD變化介於4566~7780，DPD皆屬於第5級，而SI變化介於2.01~5.7；在B1情境下，DPD變化介於2164~4425，DPD屬於第4~5級，而SI變化介於0.59~2.39。

##### 2. 台中地區

台中地區在A1B情境下，DPD變化介於387~1038，DPD屬於第2~3級，而SI變化介於0.81~1.41；在A2情境下，DPD變化介於311~1081，DPD屬於第2~3級，而SI變化介於0.61~1.72；在B1情境下，DPD變化介於226~624，DPD屬於第2~3級，而SI變化介於0.50~1.41。

##### 3. 彰化地區

彰化地區在A1B情境下，DPD變化介於1376~3987，DPD屬於第4~5級，而SI變化介於0.21~1.39；在A2情境下，DPD變化介於2785~5748，DPD屬於第4~5級，而SI介於0.62~2.49；在B1情境下，DPD變化介於179~3002，DPD屬於第2~4級，而SI介於0.03~0.83。

#### 4. 雲林地區

雲林地區在A1B情境下，DPD變化介於1722~3660，DPD屬於第3~5級，而SI變化介於0.90~2.02；在A2情境下，DPD變化介於2940~4988，DPD屬於第4~5級，而SI介於1.86~3.67；在B1情境下，DPD變化介於850~3073，DPD屬於第3~4級，而SI介於0.53~1.51。

#### 5. 南投地區

南投地區在A1B及B1情境下，DPD皆為0，DPD屬於第1級，而SI皆為0；在A2情境下，DPD變化介於1352~4056，DPD屬於第3~5級，而SI變化介於0.14~1.24。

表 5-24 苗栗縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)

單位：%-day

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
苑裡鎮	1,276	3,197	3,035	3,245	3,214	2,922	4,836	4,566	4,570	4,712	4,717	2,454	2,249	2,631	2,164	2,201
通霄鎮	1,276	3,197	3,035	3,245	3,214	2,922	4,836	4,566	4,570	4,712	4,717	2,454	2,249	2,631	2,164	2,201
西湖鄉	1,276	3,197	3,035	3,245	3,214	2,922	4,836	4,566	4,570	4,712	4,717	2,454	2,249	2,631	2,164	2,201
三義鄉	1,276	3,197	3,035	3,245	3,214	2,922	4,836	4,566	4,570	4,712	4,717	2,454	2,249	2,631	2,164	2,201
銅鑼鄉	1,276	3,197	3,035	3,245	3,214	2,922	4,836	4,566	4,570	4,712	4,717	2,454	2,249	2,631	2,164	2,201
公館鄉	2,006	4,896	4,659	4,966	4,921	4,493	7,144	6,798	6,797	6,991	6,984	3,784	3,475	4,049	3,343	3,398
苗栗市	2,006	4,896	4,659	4,966	4,921	4,493	7,144	6,798	6,797	6,991	6,984	3,784	3,475	4,049	3,343	3,398
頭屋鄉	2,006	4,896	4,659	4,966	4,921	4,493	7,144	6,798	6,797	6,991	6,984	3,784	3,475	4,049	3,343	3,398
造橋鄉	2,006	4,896	4,659	4,966	4,921	4,493	7,144	6,798	6,797	6,991	6,984	3,784	3,475	4,049	3,343	3,398
竹南鎮	2,188	5,353	5,093	5,430	5,380	4,910	7,780	7,411	7,407	7,617	7,609	4,135	3,796	4,425	3,652	3,712
頭份鎮	2,188	5,353	5,093	5,430	5,380	4,910	7,780	7,411	7,407	7,617	7,609	4,135	3,796	4,425	3,652	3,712
後龍鎮	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144
卓蘭鎮	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144
南庄鄉	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144
大湖鄉	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144
三灣鄉	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144
泰安鄉	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144
獅潭鄉	1,823	4,567	4,336	4,636	4,591	4,175	6,780	6,433	6,432	6,626	6,621	3,506	3,213	3,758	3,091	3,144

表 5-25 台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)(1/2)

單位：%-day

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
豐原區	412	574	561	965	504	624	994	344	1,012	460	582	546	256	576	237	486
大里區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
太平區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
東勢區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
大甲區	449	623	653	1,038	576	714	1,071	395	1,081	502	670	592	292	624	255	534
清水區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
沙鹿區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
梧棲區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
后里區	449	623	653	1,038	576	714	1,071	395	1,081	502	670	592	292	624	255	534
神岡區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
潭子區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
大雅區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
新社區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
石岡區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
外埔區	449	623	653	1,038	576	714	1,071	395	1,081	502	670	592	292	624	255	534
大安區	449	623	653	1,038	576	714	1,071	395	1,081	502	670	592	292	624	255	534
烏日區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455

表 5-25 台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)(2/2)

單位：%-day

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
大肚區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
龍井區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
霧峰區	387	541	514	883	469	564	942	311	966	432	523	516	232	543	225	455
和平區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
中區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
北屯區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
北區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
西屯區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
西區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
東區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
南屯區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471
南區	399	557	532	924	486	594	968	327	989	446	553	531	244	559	231	471

表 5-26 彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)(1/2)

單位：%-day

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
二水鄉	244	2,327	2,279	2,442	1,514	2,425	862	3,777	3,805	4,487	1,662	4,424	244	2,327	2,279	2,442
二林鎮	325	2,902	2,836	3,021	1,927	2,994	911	4,357	4,392	5,127	2,036	4,916	325	2,902	2,836	3,021
大村鄉	321	2,726	2,670	2,828	1,804	2,823	899	4,170	4,201	4,909	1,907	4,706	321	2,726	2,670	2,828
大城鄉	244	2,327	2,279	2,442	1,514	2,425	862	3,777	3,805	4,487	1,662	4,424	244	2,327	2,279	2,442
北斗鎮	278	2,565	2,509	2,685	1,701	2,686	896	4,056	4,077	4,833	1,845	4,688	278	2,565	2,509	2,685
永靖鄉	278	2,565	2,509	2,685	1,701	2,686	896	4,056	4,077	4,833	1,845	4,688	278	2,565	2,509	2,685
田中鎮	349	3,249	3,189	3,408	2,190	3,342	927	4,764	4,817	5,597	2,313	5,345	349	3,249	3,189	3,408
田尾鄉	278	2,565	2,509	2,683	1,701	2,660	885	4,041	4,073	4,794	1,837	4,661	278	2,565	2,509	2,683
竹塘鄉	240	2,161	2,114	2,248	1,376	2,253	861	3,620	3,650	4,308	1,538	4,253	240	2,161	2,114	2,248
伸港鄉	306	2,722	2,660	2,828	1,796	2,819	898	4,136	4,164	4,884	1,885	4,692	306	2,722	2,660	2,828
秀水鄉	278	2,565	2,509	2,685	1,701	2,686	896	4,056	4,077	4,833	1,845	4,688	278	2,565	2,509	2,685
和美鎮	354	3,458	3,396	3,648	2,330	3,565	931	4,959	5,016	5,802	2,443	5,558	354	3,458	3,396	3,648
社頭鄉	349	3,249	3,189	3,408	2,190	3,342	927	4,767	4,821	5,597	2,313	5,347	349	3,249	3,189	3,408
花壇鄉	325	2,902	2,836	3,021	1,927	2,994	911	4,360	4,395	5,130	2,036	4,919	325	2,902	2,836	3,021
芳苑鄉	306	2,593	2,535	2,685	1,741	2,687	896	4,115	4,150	4,884	1,882	4,692	306	2,593	2,535	2,685
員林鎮	306	2,593	2,535	2,685	1,741	2,687	968	5,383	5,443	6,275	2,730	6,008	306	2,593	2,535	2,685
埔心鄉	278	2,565	2,509	2,685	1,701	2,686	896	4,056	4,077	4,833	1,845	4,688	278	2,565	2,509	2,685
埔鹽鄉	278	2,565	2,509	2,683	1,701	2,660	896	4,056	4,077	4,833	1,845	4,688	278	2,565	2,509	2,683

表 5-26 彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)(2/2)

單位：%-day

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
埤頭鄉	259	2,384	2,333	2,489	1,554	2,473	885	3,854	3,882	4,583	1,694	4,488	259	2,384	2,333	2,489
鹿港鎮	301	2,997	2,937	3,167	2,007	3,106	921	4,458	4,472	5,294	2,127	5,098	301	2,997	2,937	3,167
溪州鄉	259	2,384	2,333	2,489	1,554	2,474	3,397	3,096	3,663	3,376	3,469	1,265	1,464	1,924	194	605
溪湖鎮	330	3,068	3,004	3,215	2,050	3,166	4,321	4,044	4,693	4,380	4,451	1,580	1,911	2,459	250	747
彰化市	373	3,681	3,620	3,889	2,487	3,792	5,118	4,909	5,607	5,285	5,328	1,866	2,321	2,948	286	820
福興鄉	349	3,249	3,189	3,408	2,190	3,342	4,557	4,304	4,960	4,649	4,707	1,676	2,033	2,606	265	781
線西鄉	354	3,415	3,358	3,600	2,307	3,514	4,766	4,556	5,224	4,911	4,954	1,748	2,149	2,740	270	781
芬園鄉	368	3,757	3,696	3,987	2,544	3,876	5,216	5,041	5,748	5,424	5,458	1,882	2,377	3,002	285	803

表 5-27 南投縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)

單位：%-day

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
南投市	0	0	0	0	0	0	1,893	1,893	1,893	1,893	1,893	0	0	0	0	0
草屯鎮	0	0	0	0	0	0	4,056	4,056	4,056	4,056	4,056	0	0	0	0	0
竹山鎮	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
集集鎮	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
名間鄉	0	0	0	0	0	0	1,352	1,352	1,352	1,352	1,352	0	0	0	0	0
中寮鄉	0	0	0	0	0	0	1,893	1,893	1,893	1,893	1,893	0	0	0	0	0
水里鄉	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
埔里鎮	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
魚池鄉	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
信義鄉	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
鹿谷鄉	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
國姓鄉	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0
仁愛鄉	0	0	0	0	0	0	2,704	2,704	2,704	2,704	2,704	0	0	0	0	0

表 5-28 雲林縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD)

單位：%-day

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
林內鄉	1,537	3,428	3,735	3,231	2,041	3,857	4,988	3,419	4,865	4,433	4,399	3,073	1,821	2,723	987	2,929
斗六市	1,511	3,411	3,689	3,177	1,983	3,827	4,970	3,334	4,859	4,415	4,286	3,052	1,783	2,688	965	2,913
古坑鄉	1,502	3,407	3,677	3,165	1,983	3,822	4,965	3,330	4,859	4,411	4,283	3,051	1,778	2,671	962	2,908
虎尾鎮	1,493	3,401	3,660	3,144	1,954	3,802	4,959	3,290	4,856	4,404	4,228	3,041	1,761	2,662	952	2,902
大埤鄉	1,493	3,401	3,660	3,144	1,954	3,802	4,959	3,290	4,856	4,404	4,228	3,041	1,761	2,662	952	2,902
斗南鎮	1,493	3,401	3,660	3,144	1,954	3,802	4,959	3,290	4,856	4,404	4,228	3,041	1,761	2,662	952	2,902
莿桐鄉	1,493	3,401	3,660	3,144	1,954	3,802	4,959	3,290	4,856	4,404	4,228	3,041	1,761	2,662	952	2,902
西螺鎮	1,459	3,380	3,602	3,078	1,896	3,752	4,936	3,200	4,850	4,355	4,117	3,019	1,719	2,610	926	2,882
土庫鎮	1,459	3,380	3,602	3,078	1,896	3,752	4,936	3,200	4,850	4,355	4,117	3,019	1,719	2,610	926	2,882
元長鄉	1,459	3,380	3,602	3,078	1,896	3,752	4,936	3,200	4,850	4,355	4,117	3,019	1,719	2,610	926	2,882
四湖鄉	1,459	3,380	3,602	3,078	1,896	3,752	4,936	3,200	4,850	4,355	4,117	3,019	1,719	2,610	926	2,882
二崙鄉	1,459	3,380	3,602	3,078	1,896	3,752	4,936	3,200	4,850	4,355	4,117	3,019	1,719	2,610	926	2,882
崙背鄉	1,427	3,361	3,556	3,014	1,847	3,712	4,914	3,115	4,835	4,296	4,103	2,998	1,682	2,558	905	2,863
褒忠鄉	1,427	3,361	3,556	3,014	1,847	3,712	4,914	3,115	4,835	4,296	4,103	2,998	1,682	2,558	905	2,863
北港鎮	1,427	3,361	3,556	3,014	1,847	3,712	4,914	3,115	4,835	4,296	4,103	2,998	1,682	2,558	905	2,863
東勢鄉	1,366	3,324	3,452	2,894	1,731	3,617	4,874	2,940	4,773	4,103	4,077	2,955	1,601	2,471	857	2,826
臺西鄉	1,366	3,324	3,452	2,894	1,731	3,617	4,874	2,940	4,773	4,103	4,077	2,955	1,601	2,471	857	2,826
水林鄉	1,371	3,327	3,445	2,908	1,741	3,615	4,878	2,972	4,777	4,131	4,079	2,961	1,607	2,479	859	2,828
麥寮鄉	1,356	3,318	3,428	2,878	1,722	3,601	4,867	2,931	4,759	4,082	4,073	2,952	1,591	2,453	850	2,820
口湖鄉	1,356	3,318	3,428	2,878	1,722	3,601	4,867	2,931	4,759	4,082	4,073	2,952	1,591	2,453	850	2,820

表 5-29 苗栗縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
苑裡鎮	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
通霄鎮	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
西湖鄉	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
三義鄉	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
銅鑼鄉	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
公館鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
苗栗市	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
頭屋鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
造橋鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
竹南鎮	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
頭份鎮	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
後龍鎮	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
卓蘭鎮	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
南庄鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
大湖鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
三灣鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
泰安鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
獅潭鄉	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4

表 5-30 台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)(1/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
豐原區	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
大里區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
太平區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
東勢區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
大甲區	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2
清水區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
沙鹿區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
梧棲區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
后里區	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2
神岡區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
潭子區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
大雅區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
新社區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
石岡區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
外埔區	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2
大安區	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2
烏日區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
大肚區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
龍井區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2

表 5-30 台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)(2/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
霧峰區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
和平區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
中區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
北屯區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
北區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
西屯區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
西區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
東區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
南屯區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
南區	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2

表 5-31 彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)(1/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
二水鄉	2	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	2	2
二林鎮	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
大村鄉	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	3	4	4	2	3
大城鄉	2	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	2	2
北斗鎮	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
永靖鄉	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
田中鎮	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
田尾鄉	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
竹塘鄉	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	2	2
伸港鄉	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	3	4	4	2	3
秀水鄉	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
和美鎮	2	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
社頭鄉	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
花壇鄉	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
芳苑鄉	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
員林鎮	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
埔心鄉	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3
埔鹽鄉	2	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	2	3

表 5-31 彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)(2/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
埤頭鄉	2	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	2	3
鹿港鎮	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
溪州鄉	2	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	3	4	2	3
溪湖鎮	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
彰化市	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
福興鄉	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
線西鄉	2	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3
芬園鄉	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	2	3

表 5-32 南投縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
南投市	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
草屯鎮	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
竹山鎮	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
集集鎮	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
名間鄉	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
中寮鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
水里鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
埔里鎮	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
魚池鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
信義鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
鹿谷鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
國姓鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
仁愛鄉	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1

表 5-33 雲林縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(DPD 分級)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
林內鄉	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
斗六市	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
古坑鄉	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
虎尾鎮	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
大埤鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
斗南鎮	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
莿桐鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
西螺鎮	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
土庫鎮	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
元長鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
四湖鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
二崙鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
崙背鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
褒忠鄉	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
北港鎮	3	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
東勢鄉	3	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
臺西鄉	3	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
水林鄉	3	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
麥寮鄉	3	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4
口湖鄉	3	4	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4

表 5-34 苗栗縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
苑裡鎮	0.503	1.245	1.195	1.418	1.279	1.021	2.669	2.013	2.237	2.154	2.440	0.810	0.719	1.227	0.591	0.656
通霄鎮	0.503	1.245	1.195	1.418	1.279	1.021	2.669	2.013	2.237	2.154	2.440	0.810	0.719	1.227	0.591	0.656
西湖鄉	0.503	1.245	1.195	1.418	1.279	1.021	2.669	2.013	2.237	2.154	2.440	0.810	0.719	1.227	0.591	0.656
三義鄉	0.503	1.245	1.195	1.418	1.279	1.021	2.669	2.013	2.237	2.154	2.440	0.810	0.719	1.227	0.591	0.656
銅鑼鄉	0.503	1.245	1.195	1.418	1.279	1.021	2.669	2.013	2.237	2.154	2.440	0.810	0.719	1.227	0.591	0.656
公館鄉	0.774	2.339	2.255	2.564	2.394	2.022	4.839	3.992	4.283	4.166	4.522	1.475	1.351	2.027	1.154	1.252
苗栗市	0.774	2.339	2.255	2.564	2.394	2.022	4.839	3.992	4.283	4.166	4.522	1.475	1.351	2.027	1.154	1.252
頭屋鄉	0.774	2.339	2.255	2.564	2.394	2.022	4.839	3.992	4.283	4.166	4.522	1.475	1.351	2.027	1.154	1.252
造橋鄉	0.774	2.339	2.255	2.564	2.394	2.022	4.839	3.992	4.283	4.166	4.522	1.475	1.351	2.027	1.154	1.252
竹南鎮	0.906	2.744	2.664	3.025	2.813	2.382	5.696	4.699	5.018	4.900	5.329	1.728	1.581	2.386	1.354	1.469
頭份鎮	0.906	2.744	2.664	3.025	2.813	2.382	5.696	4.699	5.018	4.900	5.329	1.728	1.581	2.386	1.354	1.469
後龍鎮	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127
卓蘭鎮	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127
南庄鄉	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127
大湖鄉	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127
三灣鄉	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127
泰安鄉	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127
獅潭鄉	0.739	2.124	2.054	2.363	2.180	1.813	4.516	3.641	3.927	3.820	4.197	1.346	1.221	1.910	1.032	1.127

表 5-35 台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)(1/2)

鄉鎮名稱	無考量氣候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
豐原區	0.907	0.936	0.967	1.224	0.937	0.890	1.498	0.682	1.120	0.841	1.110	0.887	0.662	1.221	0.557	0.835
大里區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.753	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
太平區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.754	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
東勢區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
大甲區	1.049	1.079	1.122	1.413	1.086	1.028	1.720	0.792	1.284	0.968	1.281	1.024	0.771	1.406	0.648	0.969
清水區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.753	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
沙鹿區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.754	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
梧棲區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.754	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
后里區	1.049	1.079	1.122	1.413	1.086	1.028	1.720	0.792	1.284	0.968	1.281	1.024	0.771	1.406	0.648	0.969
神岡區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.754	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
潭子區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
大雅區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.753	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
新社區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
石岡區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
外埔區	1.049	1.079	1.122	1.413	1.086	1.028	1.720	0.792	1.284	0.968	1.281	1.024	0.771	1.406	0.648	0.969
大安區	1.049	1.079	1.122	1.413	1.086	1.028	1.720	0.792	1.284	0.968	1.281	1.024	0.771	1.406	0.648	0.969
烏日區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.753	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
大肚區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.753	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744

表 5-30 台中市不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)(2/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
龍井區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.753	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
霧峰區	0.810	0.840	0.854	1.093	0.834	0.797	1.345	0.607	1.012	0.754	0.993	0.796	0.584	1.094	0.495	0.744
和平區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
中區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
北屯區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
北區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
西屯區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
西區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
東區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
南屯區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787
南區	0.856	0.885	0.905	1.154	0.882	0.841	1.417	0.642	1.064	0.795	1.048	0.839	0.620	1.154	0.524	0.787

表 5-36 彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)(1/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
二水鄉	0.029	0.465	0.474	0.567	0.240	0.484	0.945	0.732	1.004	0.855	0.907	0.184	0.215	0.356	0.029	0.065
二林鎮	0.045	0.693	0.708	0.851	0.368	0.721	1.372	1.109	1.476	1.282	1.345	0.266	0.327	0.535	0.046	0.101
大村鄉	0.042	0.622	0.639	0.765	0.332	0.647	1.242	0.971	1.305	1.125	1.193	0.250	0.296	0.489	0.044	0.098
大城鄉	0.029	0.465	0.474	0.567	0.240	0.484	0.945	0.732	1.004	0.855	0.907	0.184	0.215	0.356	0.029	0.065
北斗鎮	0.035	0.556	0.567	0.681	0.291	0.578	1.119	0.891	1.206	1.037	1.091	0.215	0.259	0.426	0.036	0.079
永靖鄉	0.035	0.556	0.567	0.681	0.291	0.578	1.119	0.891	1.206	1.037	1.091	0.215	0.259	0.426	0.036	0.079
田中鎮	0.053	0.856	0.870	1.056	0.455	0.891	1.672	1.424	1.863	1.640	1.691	0.307	0.402	0.649	0.052	0.113
田尾鄉	0.035	0.553	0.564	0.677	0.289	0.575	1.108	0.884	1.193	1.027	1.081	0.213	0.258	0.424	0.036	0.078
竹塘鄉	0.026	0.409	0.419	0.497	0.212	0.425	0.840	0.622	0.865	0.729	0.785	0.171	0.190	0.319	0.028	0.062
伸港鄉	0.040	0.616	0.632	0.755	0.326	0.642	1.231	0.964	1.298	1.117	1.184	0.245	0.290	0.479	0.042	0.092
秀水鄉	0.035	0.556	0.567	0.681	0.291	0.578	1.119	0.891	1.206	1.037	1.091	0.215	0.259	0.426	0.036	0.079
和美鎮	0.056	0.962	0.973	1.184	0.508	1.003	1.861	1.616	2.099	1.857	1.904	0.332	0.449	0.717	0.053	0.115
社頭鄉	0.053	0.859	0.872	1.059	0.456	0.893	1.678	1.427	1.869	1.645	1.696	0.308	0.403	0.650	0.052	0.113
花壇鄉	0.045	0.695	0.710	0.854	0.369	0.723	1.378	1.112	1.482	1.286	1.349	0.267	0.328	0.537	0.046	0.101
芳苑鄉	0.039	0.567	0.581	0.699	0.303	0.587	1.141	0.904	1.219	1.051	1.107	0.226	0.269	0.445	0.041	0.091
員林鎮	0.039	0.567	0.581	0.699	0.303	0.587	1.141	0.904	1.219	1.051	1.107	0.226	0.269	0.445	0.041	0.091
埔心鄉	0.035	0.556	0.567	0.681	0.291	0.578	1.119	0.891	1.206	1.037	1.091	0.215	0.259	0.426	0.036	0.079
埔鹽鄉	0.035	0.553	0.564	0.677	0.289	0.575	1.108	0.884	1.193	1.027	1.081	0.213	0.258	0.424	0.036	0.078

表 5-31 彰化縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)(2/2)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
埤頭鄉	0.031	0.485	0.496	0.592	0.252	0.505	0.982	0.756	1.034	0.881	0.938	0.194	0.226	0.374	0.032	0.070
鹿港鎮	0.043	0.738	0.748	0.904	0.385	0.770	1.456	1.222	1.619	1.412	1.464	0.265	0.342	0.552	0.042	0.091
溪州鄉	0.031	0.485	0.496	0.592	0.252	0.505	0.982	0.756	1.034	0.881	0.938	0.194	0.226	0.374	0.032	0.070
溪湖鎮	0.048	0.769	0.783	0.946	0.407	0.801	1.515	1.260	1.665	1.454	1.511	0.284	0.361	0.586	0.048	0.104
彰化市	0.062	1.083	1.094	1.335	0.572	1.130	2.083	1.837	2.369	2.106	2.150	0.366	0.506	0.804	0.059	0.126
福興鄉	0.053	0.856	0.870	1.056	0.455	0.891	1.672	1.424	1.863	1.640	1.691	0.307	0.402	0.649	0.052	0.113
線西鄉	0.055	0.941	0.952	1.161	0.498	0.980	1.824	1.591	2.065	1.829	1.872	0.325	0.440	0.704	0.053	0.115
芬園鄉	0.063	1.127	1.136	1.387	0.593	1.177	2.164	1.931	2.485	2.213	2.251	0.374	0.524	0.829	0.058	0.125

表 5-37 南投縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
南投市	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
草屯鎮	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.235	1.235	1.235	1.235	1.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
竹山鎮	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
集集鎮	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
名間鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
中寮鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
水里鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
埔里鎮	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
魚池鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
信義鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
鹿谷鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
國姓鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
仁愛鄉	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.549	0.549	0.549	0.549	0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 5-38 雲林縣不同氣候變遷情境下之無經理方案缺水潛勢分析結果(SI)

鄉鎮 名稱	無考量氣 候變遷	A1B					A2					B1				
		CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM	CSMK35	GFCM21	MIMR	MPEH5	MRCGCM
林內鄉	0.746	1.977	1.944	2.018	1.108	2.152	3.673	2.212	3.364	2.535	2.839	1.505	1.089	1.578	0.636	1.610
斗六市	0.725	1.928	1.891	1.956	1.072	2.104	3.591	2.153	3.301	2.470	2.775	1.464	1.068	1.535	0.619	1.569
古坑鄉	0.722	1.920	1.883	1.945	1.067	2.094	3.574	2.143	3.288	2.456	2.760	1.457	1.064	1.527	0.616	1.563
虎尾鎮	0.713	1.900	1.861	1.921	1.052	2.075	3.542	2.119	3.264	2.431	2.736	1.440	1.055	1.510	0.609	1.546
大埤鄉	0.713	1.900	1.861	1.921	1.052	2.075	3.542	2.119	3.264	2.431	2.736	1.440	1.055	1.510	0.609	1.546
斗南鎮	0.713	1.900	1.861	1.921	1.052	2.075	3.542	2.119	3.264	2.431	2.736	1.440	1.055	1.510	0.609	1.546
莿桐鄉	0.713	1.900	1.861	1.921	1.052	2.075	3.542	2.119	3.264	2.431	2.736	1.440	1.055	1.510	0.609	1.546
西螺鎮	0.690	1.844	1.801	1.850	1.012	2.019	3.445	2.053	3.190	2.354	2.659	1.393	1.031	1.460	0.589	1.499
土庫鎮	0.690	1.844	1.801	1.850	1.012	2.019	3.445	2.053	3.190	2.354	2.659	1.393	1.031	1.460	0.589	1.499
元長鄉	0.690	1.844	1.801	1.850	1.012	2.019	3.445	2.053	3.190	2.354	2.659	1.393	1.031	1.460	0.589	1.499
四湖鄉	0.690	1.844	1.801	1.850	1.012	2.019	3.445	2.053	3.190	2.354	2.659	1.393	1.031	1.460	0.589	1.499
二崙鄉	0.690	1.844	1.801	1.850	1.012	2.019	3.445	2.053	3.190	2.354	2.659	1.393	1.031	1.460	0.589	1.499
崙背鄉	0.670	1.794	1.748	1.788	0.977	1.969	3.356	1.992	3.123	2.283	2.589	1.353	1.010	1.418	0.571	1.459
褒忠鄉	0.670	1.794	1.748	1.788	0.977	1.969	3.356	1.992	3.123	2.283	2.589	1.353	1.010	1.418	0.571	1.459
北港鎮	0.670	1.794	1.748	1.788	0.977	1.969	3.356	1.992	3.123	2.283	2.589	1.353	1.010	1.418	0.571	1.459
東勢鄉	0.628	1.695	1.642	1.665	0.906	1.870	3.187	1.874	2.992	2.149	2.456	1.270	0.967	1.330	0.536	1.377
臺西鄉	0.628	1.695	1.642	1.665	0.906	1.870	3.187	1.874	2.992	2.149	2.456	1.270	0.967	1.330	0.536	1.377
水林鄉	0.630	1.703	1.653	1.675	0.913	1.877	3.204	1.888	3.004	2.163	2.468	1.275	0.970	1.335	0.539	1.382
麥寮鄉	0.622	1.682	1.630	1.648	0.898	1.856	3.165	1.861	2.974	2.132	2.437	1.258	0.961	1.318	0.532	1.366
口湖鄉	0.622	1.682	1.630	1.648	0.898	1.856	3.165	1.861	2.974	2.132	2.437	1.258	0.961	1.318	0.532	1.366

### 三、面對缺水之災害風險量化

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)=危害度(Hazard)×脆弱度(Vulnerability)進行缺水災害風險量化分析，風險度0~4分為一級，風險度4~9分為二級，風險度9~12分為三級，風險度12~16分為四級，風險度16~25分為五級，故風險矩陣可表示如圖5-21所示，當危害度5時，即使脆弱度只有1，其風險為2，當脆弱度5時，即使危害度只有1，其風險為2。後續將依此風險矩陣進行風險地圖之繪製。

		脆弱度				
		1	2	3	4	5
危害度	1	1	1	1	1	2
	2	1	1	2	2	3
	3	1	2	2	3	4
	4	1	2	3	4	5
	5	2	3	4	5	5

圖5-21 缺水風險矩陣示意圖

### 四、氣候變遷下各供水分區缺水風險地圖製作

將前述危害度、脆弱度及缺水風險分析結果以鄉鎮市區為最小單元，利用GIS軟體呈現中部區域缺水風險地圖。

本計畫考量之A2、A1B及B1等3種氣候變遷情境，分別代表較悲觀、持平及較樂觀的溫室氣體排放情境，其中以A1B情境為最有可能發生之情境，故後續調適計畫之研擬，將根據”A1B最劣情況”分析結果進行研擬。本計畫分別產出生活用水、工業用水及農業用水在現況供水系統下之”無考量氣候變遷”及”A1B最劣情況”之風險度地圖。另外考量目標年120年部分水資源經理方案應已完工納入運轉操作，故另外產出生活用水、工業用水及農業用水在納入經理計畫供水系統下之”無考

量氣候變遷”及”A1B最劣情況”之風險度地圖。前述之現況供水系統係指除現行之水資源供水系統外，亦納入已核定之大安大甲溪水源聯合運用輸水工程及湖山水庫。本計畫考量之水資源經理計畫係為天花湖與鳥嘴潭人工湖，相關風險地圖展示案例內容說明請詳見表5-39。

各案例風險地圖示如圖5-22~圖5-33，其說明如下

1. 現況供水系統未考量氣候變遷條件(case1~case3)

(1)生活用水：僅苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮等之風險度高於4；其它地區之風險度皆低於4級。

(2)工業用水：苗栗縣竹南鎮之風險度為5，而頭份鎮與苗栗市之風險度為4；其它地區之風險度皆低於4級。

(3)農業用水：苗栗縣南庄鄉、頭份鎮及頭屋鄉之風險度為5，而通霄鎮、後龍鎮、竹南鎮、獅潭鄉、造橋鄉及西湖鄉等之風險度為4；其它地區之風險度皆低於4級。

2. 現況供水系統之 A1B 最劣情況(case5~case6)

(1)生活用水：苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮等之風險度為5，而後龍鎮及公館鄉之風險度為4；台中市北區、北屯區、南區、南屯區、潭子區、東區、梧棲區、梧棲區(海)、中區、大里區、西區、梧棲區、豐原區及西屯區之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、和美鎮及彰化市等之風險度為5級，而鹿港鎮、線西鄉、伸港鄉、埔心鄉、花壇鄉、北斗鎮、溪湖鎮、田尾鄉、社頭鄉、福興鄉、秀水鄉、大村鄉、永靖鄉、芬園鄉及田中鎮之風險度高於4級；雲林縣與南投縣之風險度皆低於4級。

(2)工業用水：苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮之風險度為5級，後龍鎮、三義鄉及造橋鄉之風險度為4級；台

中市北區、北屯區、南屯區、大雅區、潭子區、神岡區、大里區、太平區、西區、大甲區、豐原區及西屯區之風險度高於4級；彰化縣和美鎮與彰化市之風險度為5級，而員林鎮、鹿港鎮、線西鄉、伸港鄉、花壇鄉、福興鄉及大村鄉之風險度高於4級；雲林縣斗六市之風險度高於4級；南投縣各區之風險度皆低於4。

(3)農業用水：苗栗縣、彰化縣、雲林縣及南投縣之風險度皆低於4；台中市后里區、清水區、清水區(海)、石岡區、大甲區及豐原區之風險度高於5級。

3. 有經理計畫下未考量氣候變遷條件(case7~case9)

(1)生活用水：苗栗縣、台中市、雲林縣及南投縣之風險度皆低於4；彰化縣員林鎮與彰化市之風險度高於4級。

(2)工業用水，苗栗縣、台中市、雲林縣及南投縣之風險度皆低於4；彰化縣彰化市之風險度高於4級。

(3)農業用水：苗栗縣、台中市、雲林縣及南投縣之風險度皆低於4級；彰化縣線西鄉、芳苑鄉、二林鎮、花壇鄉、溪湖鎮、社頭鄉、福興鄉、溪州鄉、埤頭鄉、芬園鄉及彰化市等之風險度高於4級。

4. 有經理計畫方案下之 A1B 最劣情況 (case10~case12)

(1)生活用水：苗栗縣各區之風險度皆低於4；台中市北區、北屯區、南區、南屯區、潭子區、東區、梧棲區、梧棲區(海)、中區、大里區、西區、豐原區及西屯區等之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、鹿港鎮、伸港鄉、埔心鄉、花壇鄉、北斗鎮、溪湖鎮、田尾鄉、社頭鄉、福興鄉、秀水鄉、和美鎮、大村鄉、永靖鄉、彰化市及田中鎮等之風險度為5級，而埔鹽鄉、線西鄉、二林鎮、二水鄉、埤

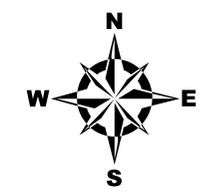
頭鄉及芬園鄉等之風險度為4級；雲林縣西螺鎮、斗南鎮、北港鎮、虎尾鎮及斗六市等之風險度為4級；南投縣各區之風險度皆低於4級。

(2)工業用水：苗栗縣竹南鎮之風險度為4級；台中市北區、北屯區、南屯區、大雅區、潭子區、神岡區、大里區、太平區、西區、大甲區、豐原區及西屯區等之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、鹿港鎮、伸港鄉、花壇鄉、福興鄉、和美鎮、大村鄉及彰化市之風險度為5級，而埔鹽鄉、線西鄉、芳苑鄉、二林鎮、埔心鄉、北斗鎮、溪湖鎮、社頭鄉、秀水鄉、溪州鄉、永靖鄉、埤頭鄉及田中鎮之風險度高於4；雲林縣麥寮鄉及斗六市之風險度為5級；南投縣各區之風險度皆低於4級。

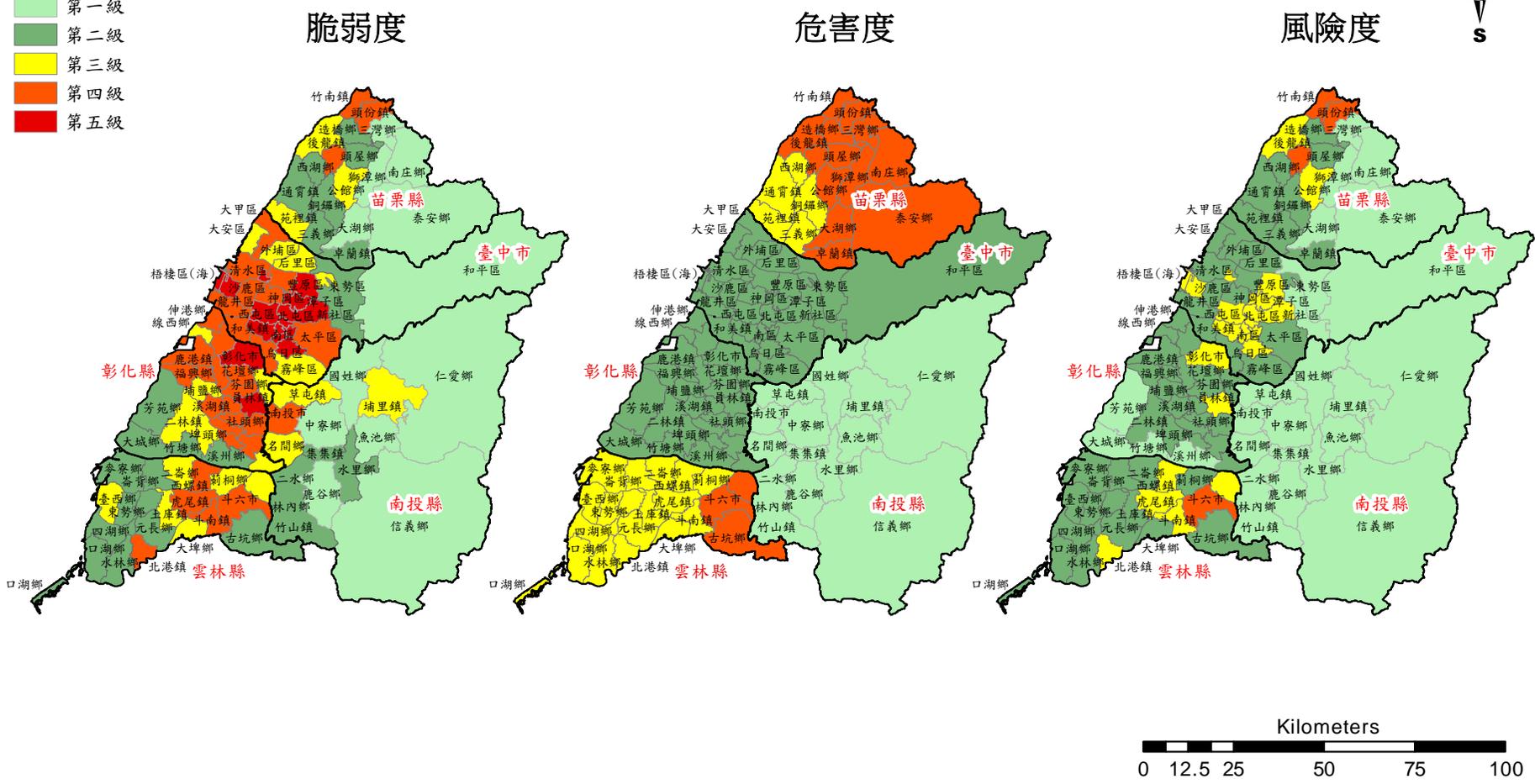
(3)農業用水：苗栗縣各區之風險度皆低於4；台中市后里區、清水區、清水區(海)、石岡區、大甲區及豐原區等之風險度為5級；其餘縣市之風險度皆低於4。

**表 5-39 不同風險地圖展示案例內容說明**

風險地圖編號	用水別	供水系統	水文條件	備註
case1	生活用水	現況供水系統	無考量氣候變遷	現況系統除現存水資源系統外，亦納入大安大甲溪水源聯合運用輸水工程及湖山水庫。  經理計畫係指天花湖與烏嘴潭。
case3	工業用水	現況供水系統	無考量氣候變遷	
case5	農業用水	現況供水系統	無考量氣候變遷	
case4	生活用水	現況供水系統	A1B最劣情況	
case5	工業用水	現況供水系統	A1B最劣情況	
case6	農業用水	現況供水系統	A1B最劣情況	
case7	生活用水	現況供水系統+經理計畫	無考量氣候變遷	
case8	工業用水	現況供水系統+經理計畫	無考量氣候變遷	
case9	農業用水	現況供水系統+經理計畫	無考量氣候變遷	
case10	生活用水	現況供水系統+經理計畫	A1B最劣情況	
case11	工業用水	現況供水系統+經理計畫	A1B最劣情況	
case12	農業用水	現況供水系統+經理計畫	A1B最劣情況	

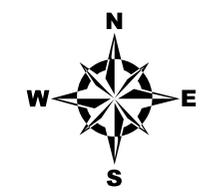


- 圖例**
- ▭ 中部縣市界
  - ▭ N/A
  - ▭ 第一級
  - ▭ 第二級
  - ▭ 第三級
  - ▭ 第四級
  - ▭ 第五級

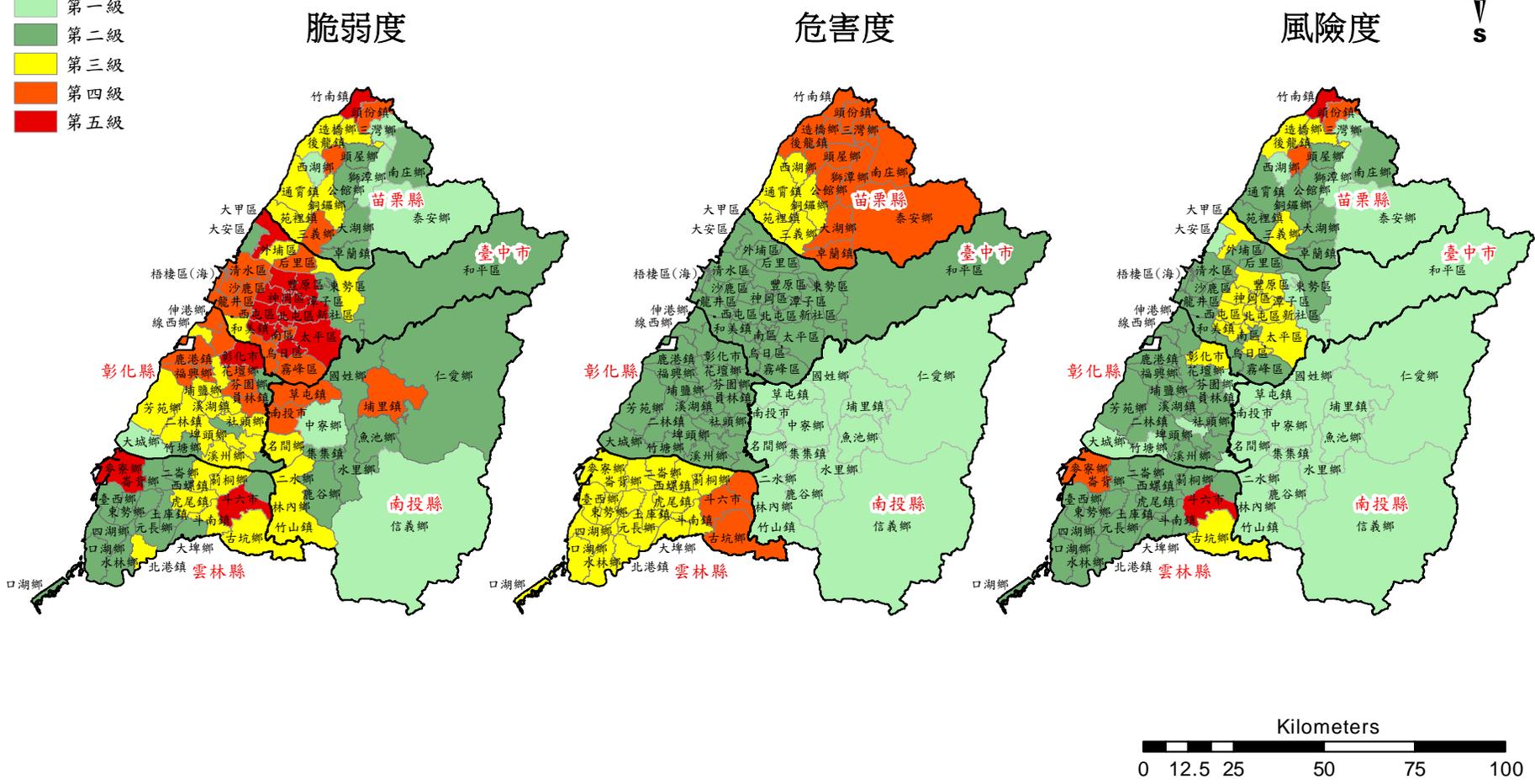


5-71

圖5-22 中部區域現況供水系統未考量氣候變遷之生活用水缺水風險地圖



- 圖例**
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級



5-72

圖5-23 中部區域現況供水系統未考量氣候變遷之工業用水缺水風險地圖

圖例

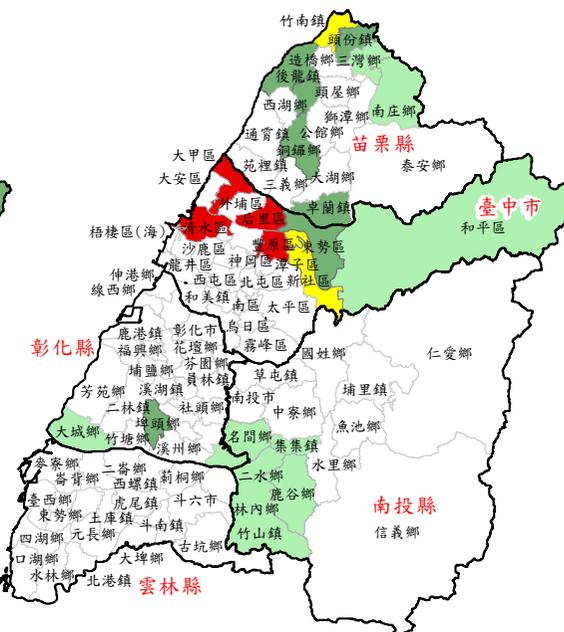
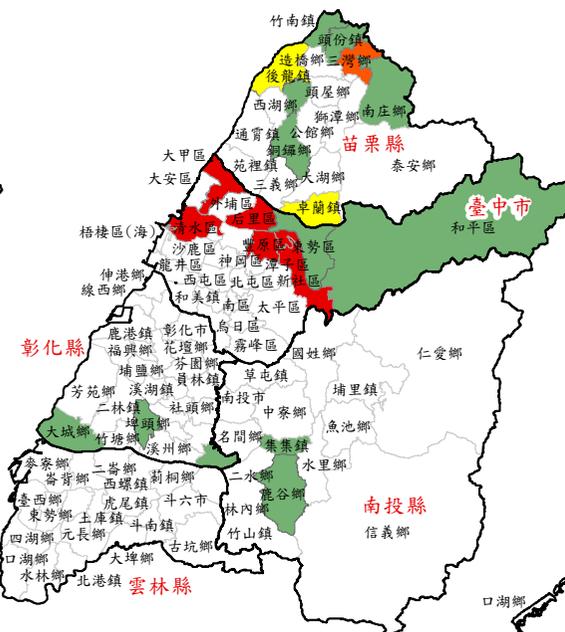
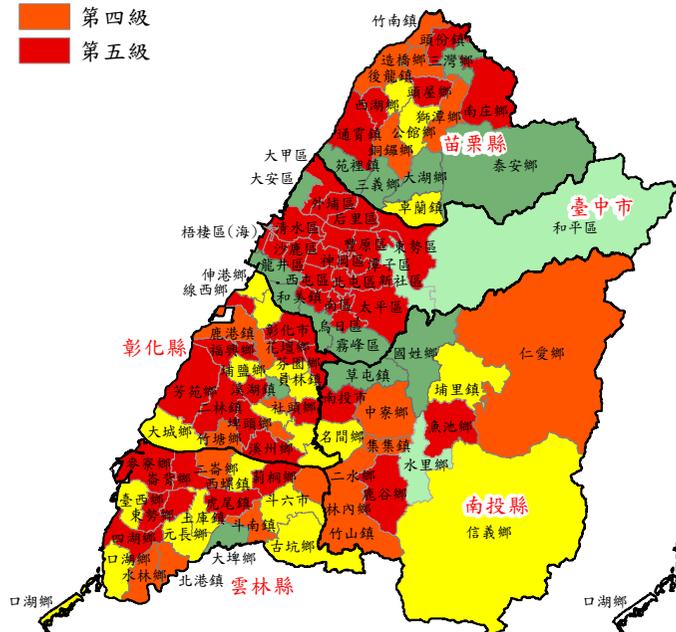
- 中部縣市界
- N/A
- 第一級
- 第二級
- 第三級
- 第四級
- 第五級



脆弱度

危害度

風險度



5-73



圖5-24 中部區域現況供水系統未考量氣候變遷之農業用水缺水風險地圖

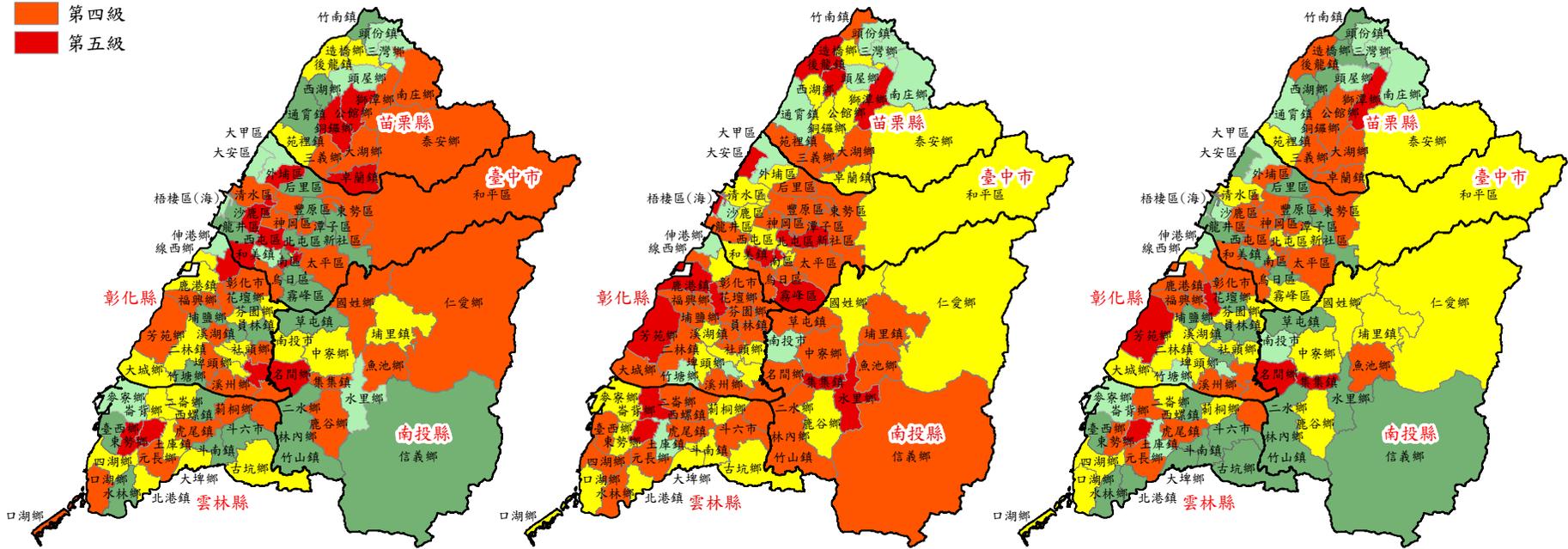


- 圖例
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級

脆弱度

危害度

風險度



5-74

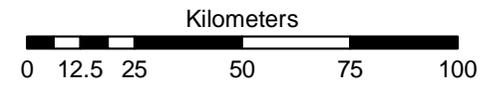


圖5-25 中部區域現況供水系統A1B最劣情況之生活用水缺水風險地圖

圖例

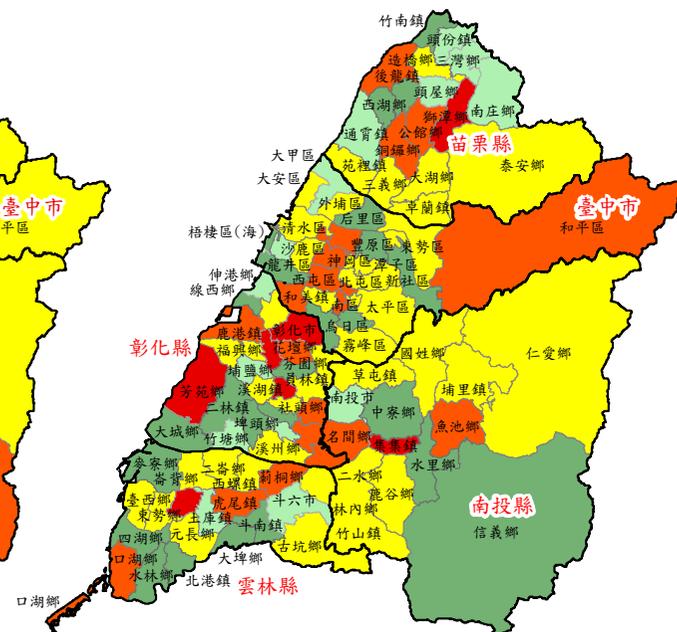
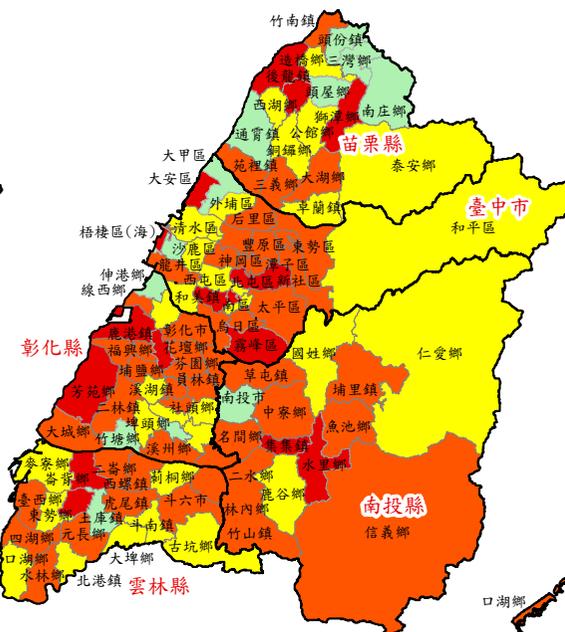
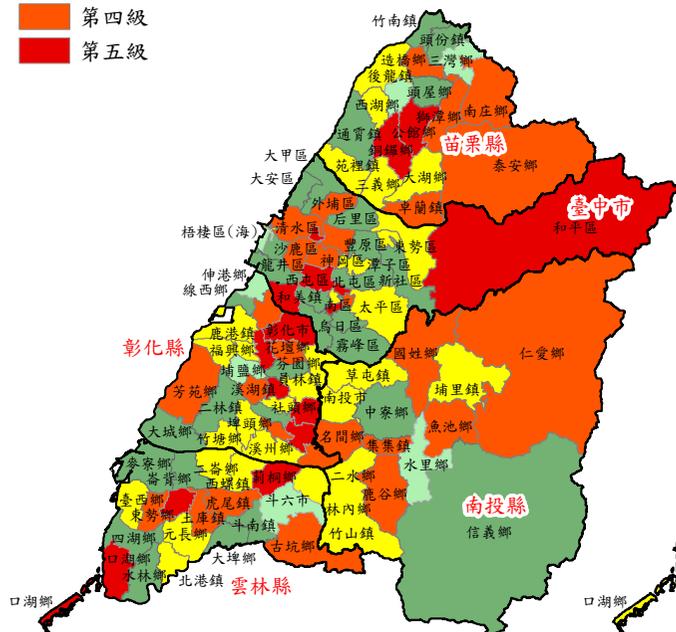
- 中部縣市界
- N/A
- 第一級
- 第二級
- 第三級
- 第四級
- 第五級



脆弱度

危害度

風險度



5-75

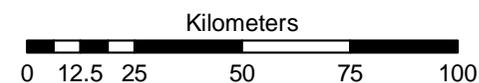


圖5-26 中部區域現況供水系統A1B最劣情況之工業用水缺水風險地圖

圖例

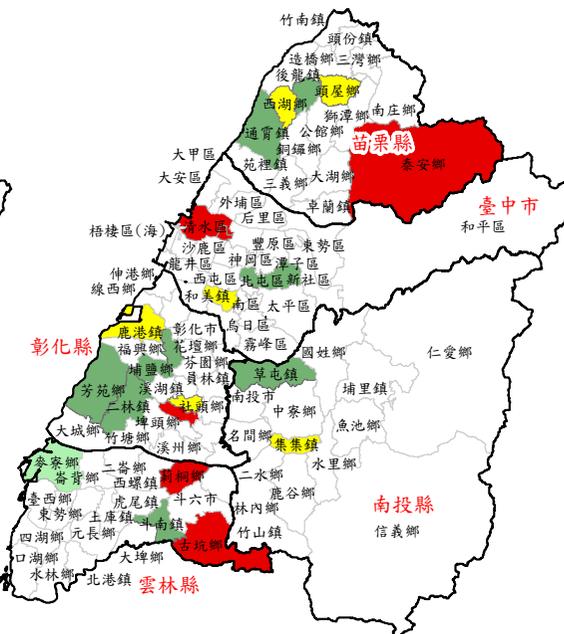
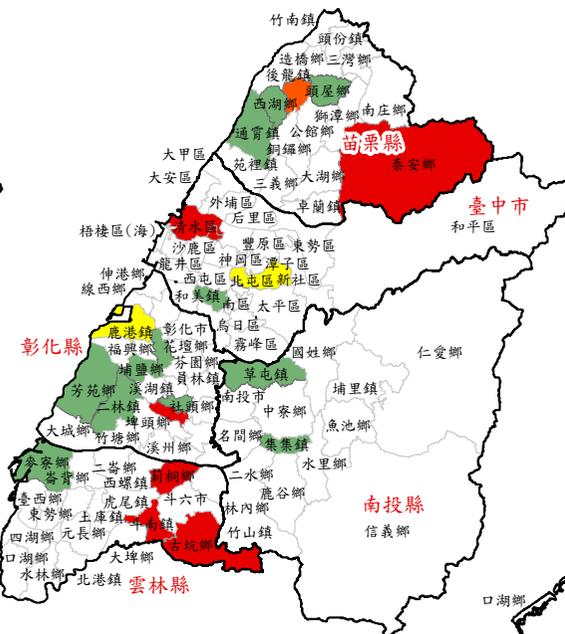
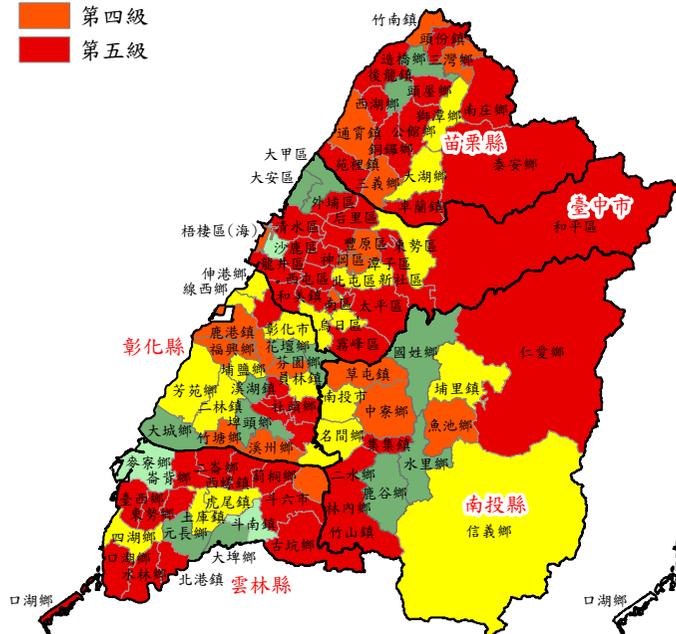
- 中部縣市界
- N/A
- 第一級
- 第二級
- 第三級
- 第四級
- 第五級



脆弱度

危害度

風險度



5-76

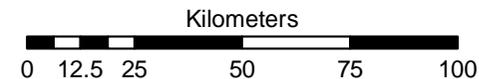


圖5-27 中部區域現況供水系統A1B最劣情況之農業用水缺水風險地圖



- 圖例**
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級

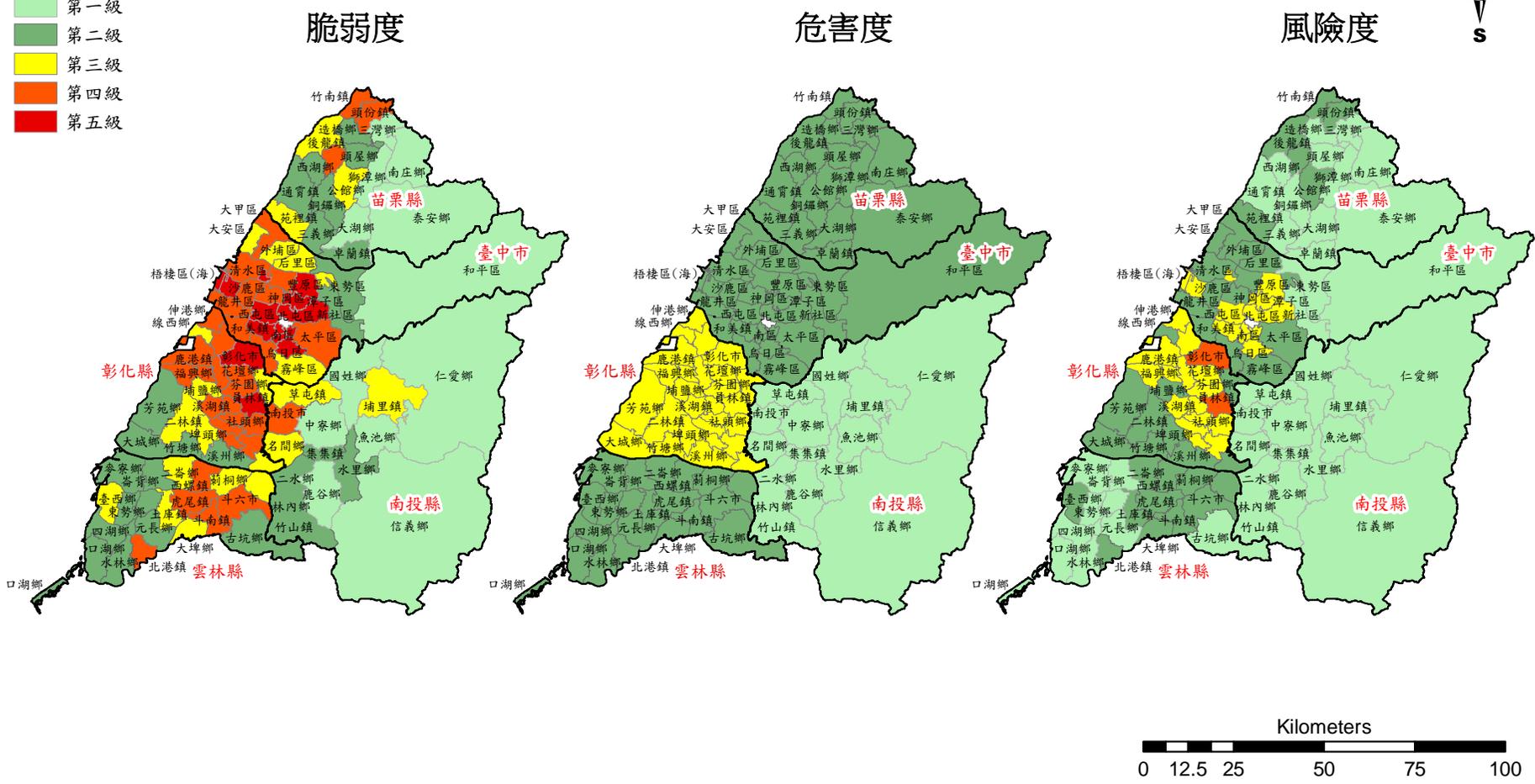
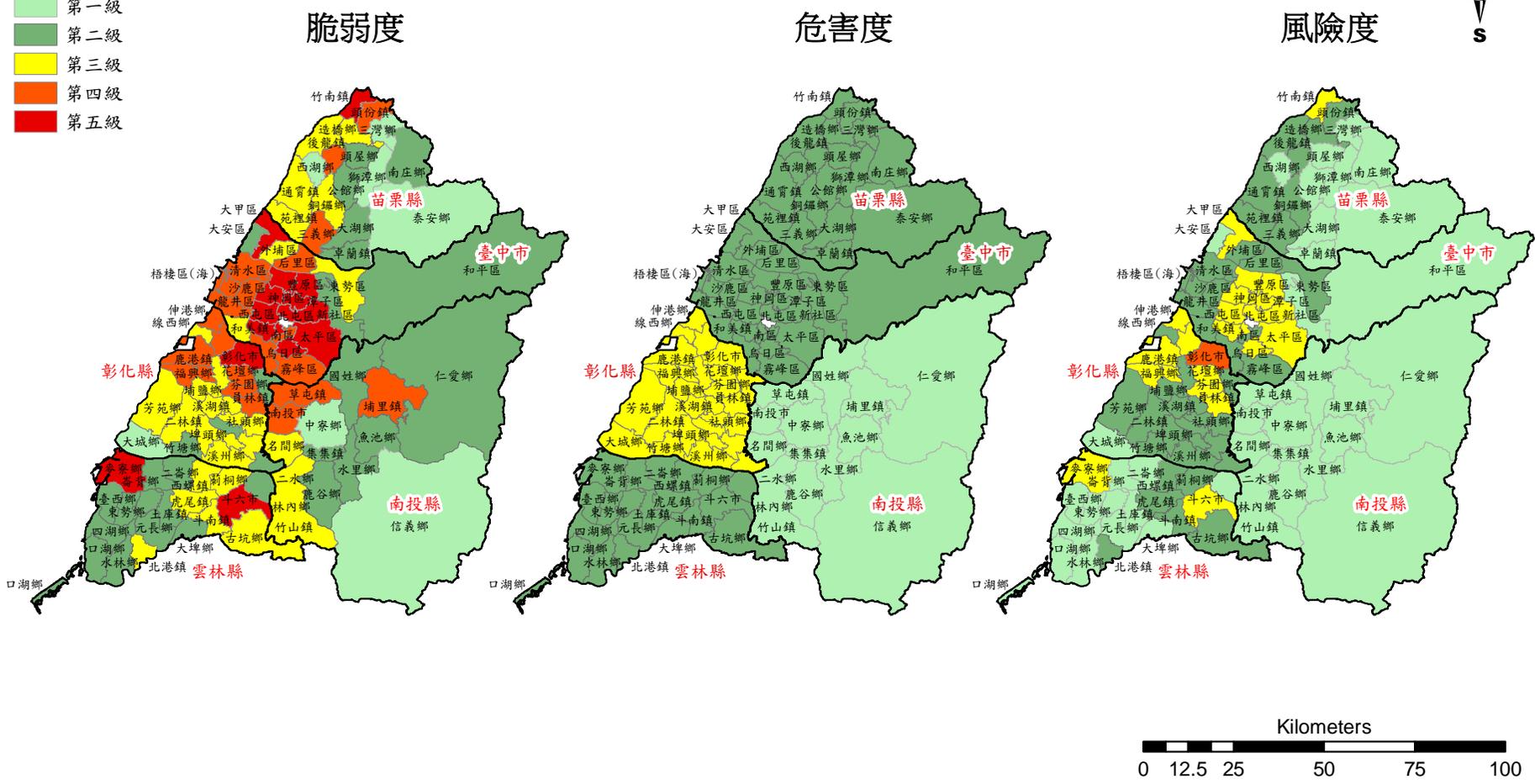


圖5-28 中部區域有經理計畫下之生活用水缺水風險地圖



- 圖例**
- ▭ 中部縣市界
  - ▭ N/A
  - ▭ 第一級
  - ▭ 第二級
  - ▭ 第三級
  - ▭ 第四級
  - ▭ 第五級



5-78

圖5-29 中部區域有經理計畫下之工業用水缺水風險地圖

圖例

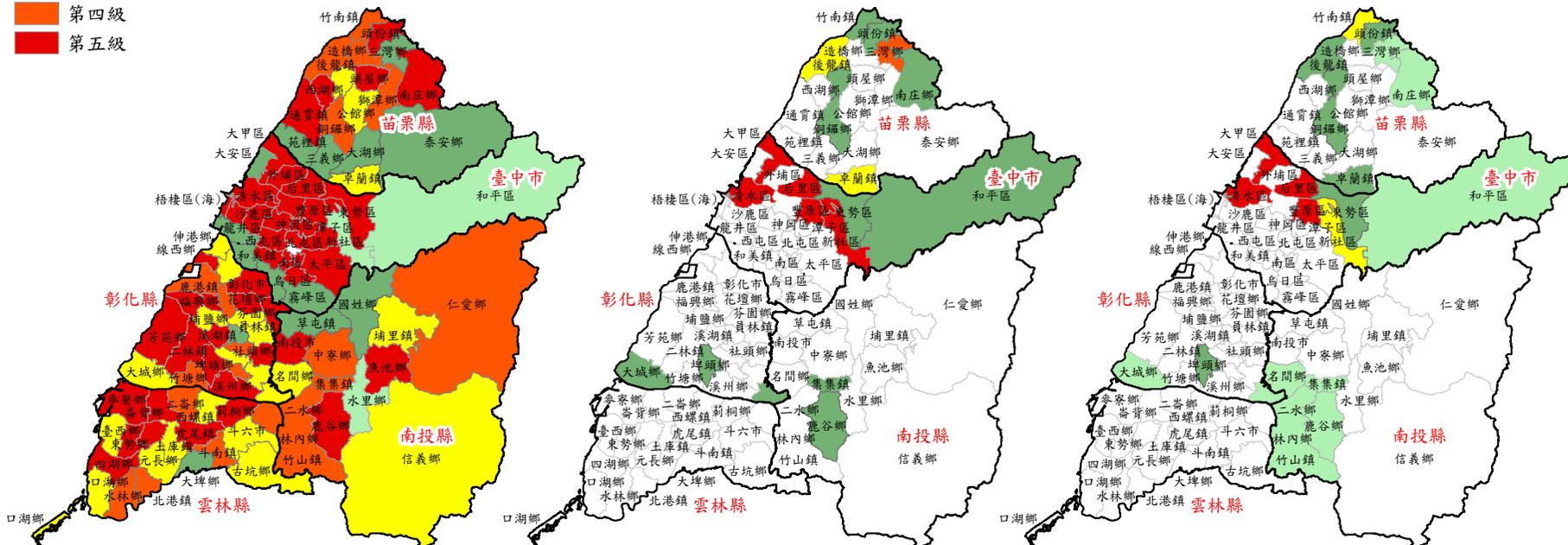
- 中部縣市界
- N/A
- 第一級
- 第二級
- 第三級
- 第四級
- 第五級



脆弱度

危害度

風險度



5-79

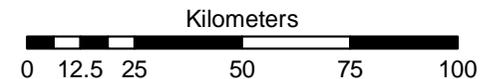


圖5-30 中部區域有經理計畫之農業用水缺水風險地圖



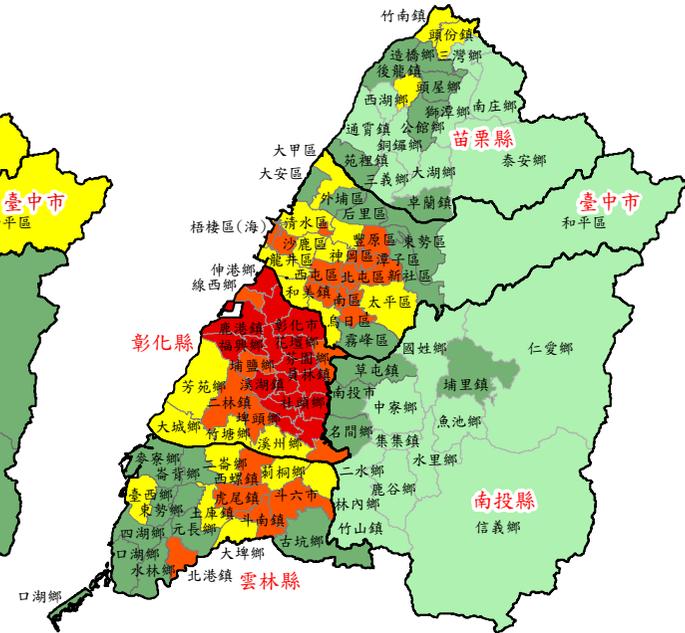
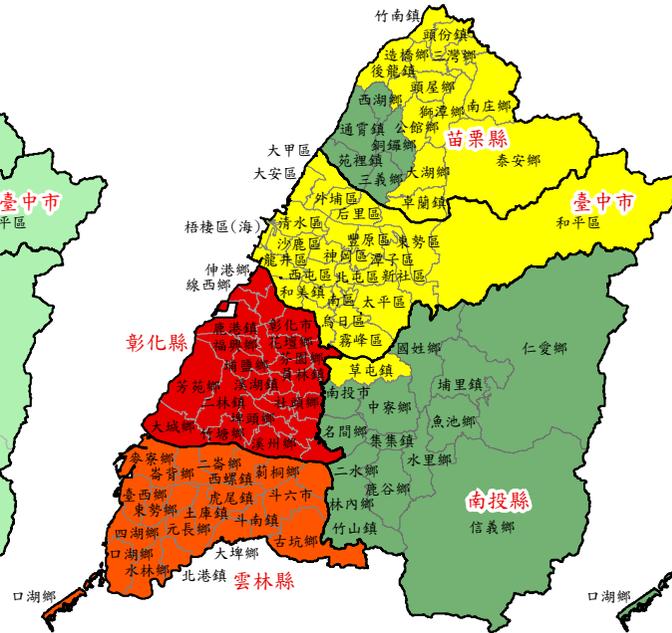
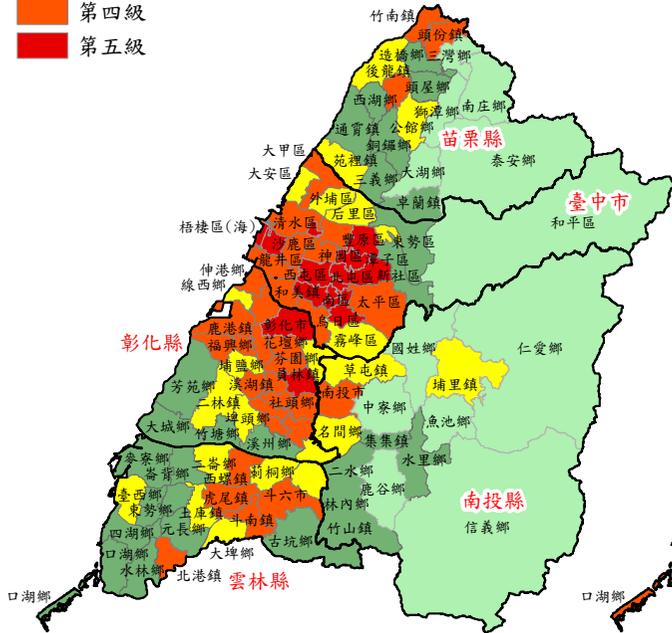
圖例

- 中部縣市界
- N/A
- 第一級
- 第二級
- 第三級
- 第四級
- 第五級

脆弱度

危害度

風險度



5-80

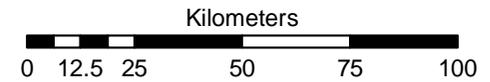
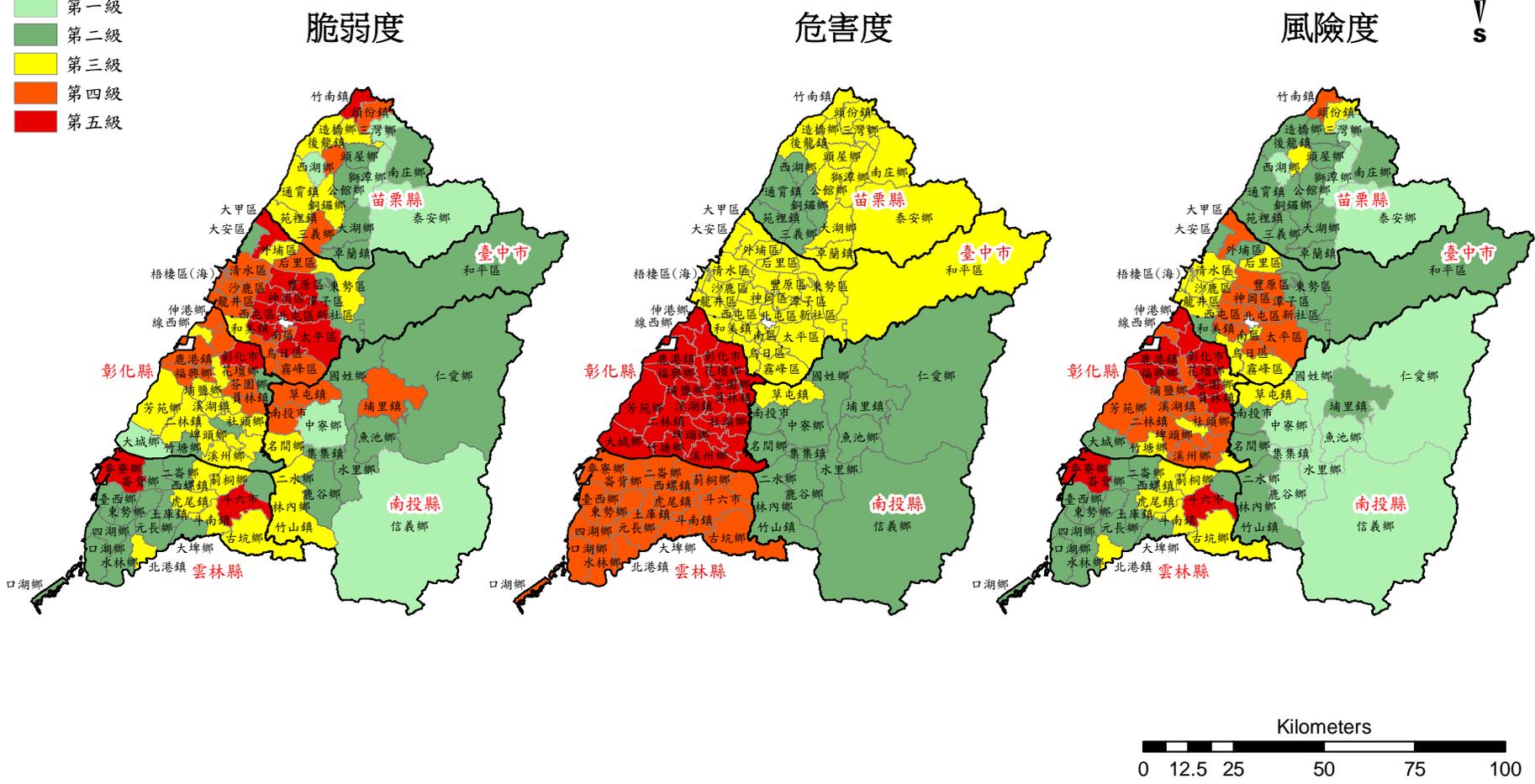


圖5-31 中部區域有經理計畫A1B最劣情況之生活用水缺水風險地圖



- 圖例
- 中部縣市界
  - N/A
  - 第一級
  - 第二級
  - 第三級
  - 第四級
  - 第五級

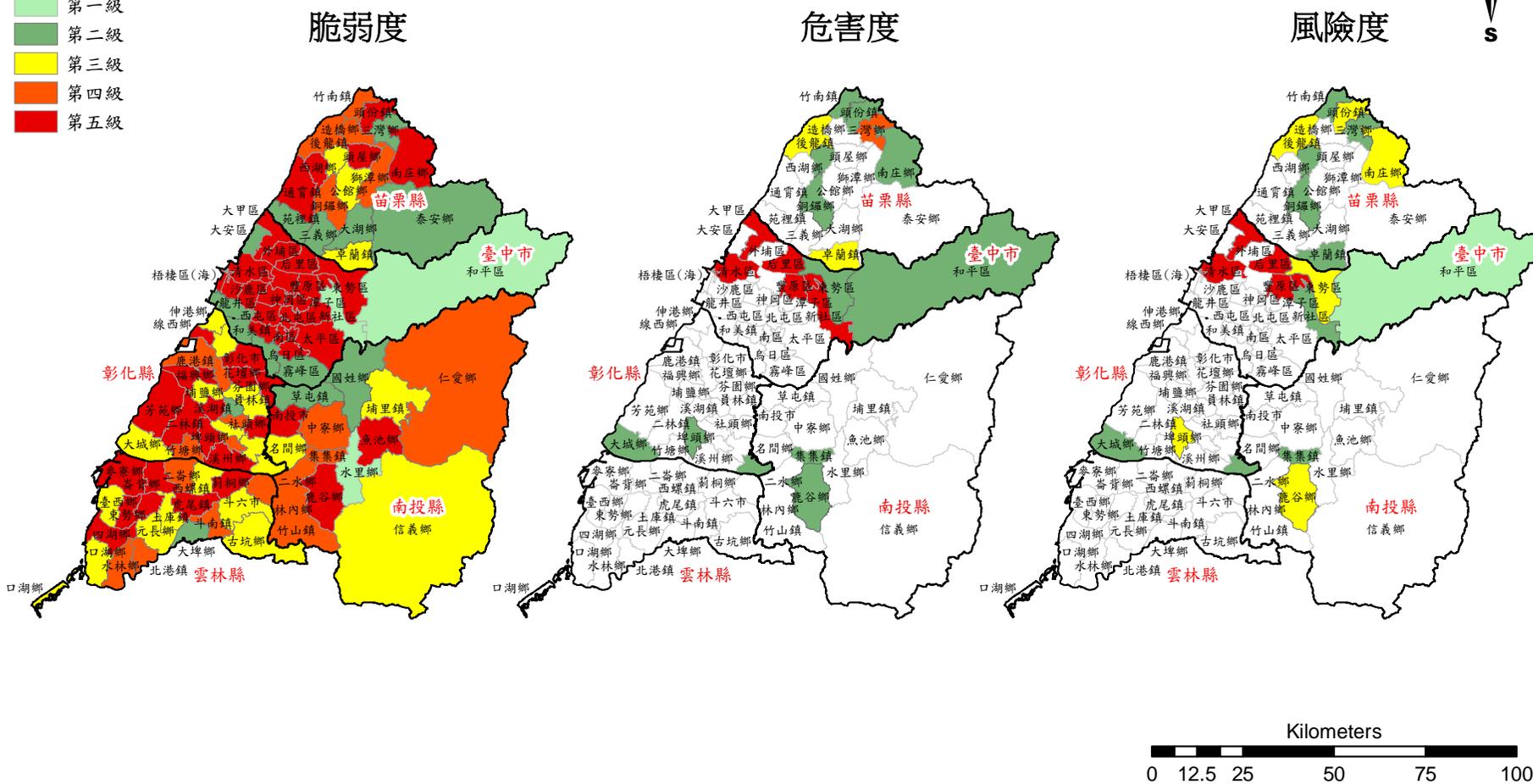


5-81

圖5-32 中部區域有經理計畫A1B最劣情況之工業用水缺水風險地圖

圖例

- 中部縣市界
- N/A
- 第一級
- 第二級
- 第三級
- 第四級
- 第五級



5-82

圖5-33 中部區域有經理計畫A1B最劣情況之農業用水缺水風險地圖

## 第陸章、擬定及評估因應氣候變遷之水資源強化策略

隨著全球氣候變遷與溫室效應的影響日益明顯，如何因應氣候變遷的衝擊，達成自然系統的穩定平衡，以確保國家安全與永續發展，乃是當前必須面對且應積極解決的挑戰。自溫室效應被發現且由科學家提出警訊至今，聯合國及各國政府與非政府組織即著手研擬各種不同類型之減緩策略，包括：節約能源、提高能源效率、開發新興與再生能源、發展溫室氣體減量技術等；然而全球暖化和氣候變遷的趨勢，已非靠人類減少溫室氣體排放所能避免。因此，如何透過社會與經濟發展模式的調整，使人類能夠適應氣候變遷所造成的影響，在極端天氣事件與暖化效應下，持續謀求生存、生活與發展，是與減緩同等重要的工作。為此，減緩與調適已同為當前各國政府因應氣候變遷威脅的兩大重要策略。

本計畫水資源強化策略著重於調適策略(Adaptation)，「調適」(adaptation)係指為了因應實際或預期的氣候衝擊或其影響，而在自然或人類系統所做的調整，以減輕危害或發展有利的機會。調適的目的在於降低人類與自然系統處於氣候變遷影響與效應下的脆弱度(vulnerability)，使得人類與自然系統在極端天氣事件與暖化效應下的負面衝擊最小，且配合氣候變化的獲益能夠最大。本計畫將參考國內外相關水資源調適策略經驗，研適合中部區域之調適策略，包含(1)傳統水資源方案與新興水源方案、(2)備援供水系統方案、(3)各標的用水節水方案，以下針對研擬方案內容進行說明。

### 一、水資源調適策略研擬原則

為健全與提升國家調適能力，降低社會脆弱度，並建立台灣整合性的運作機制，以作為政策架構與計畫推動的實施基礎，

行政院經濟建設委員會已於民國101年六月核定「國家氣候變遷調適政策綱領」，做為調適行動方案推動之最高指導方針。

「國家氣候變遷調適政策綱領」將台灣調適工作分為八大領域，包含災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性與健康，各調適領域之負責彙整機關列如圖6-1所示。

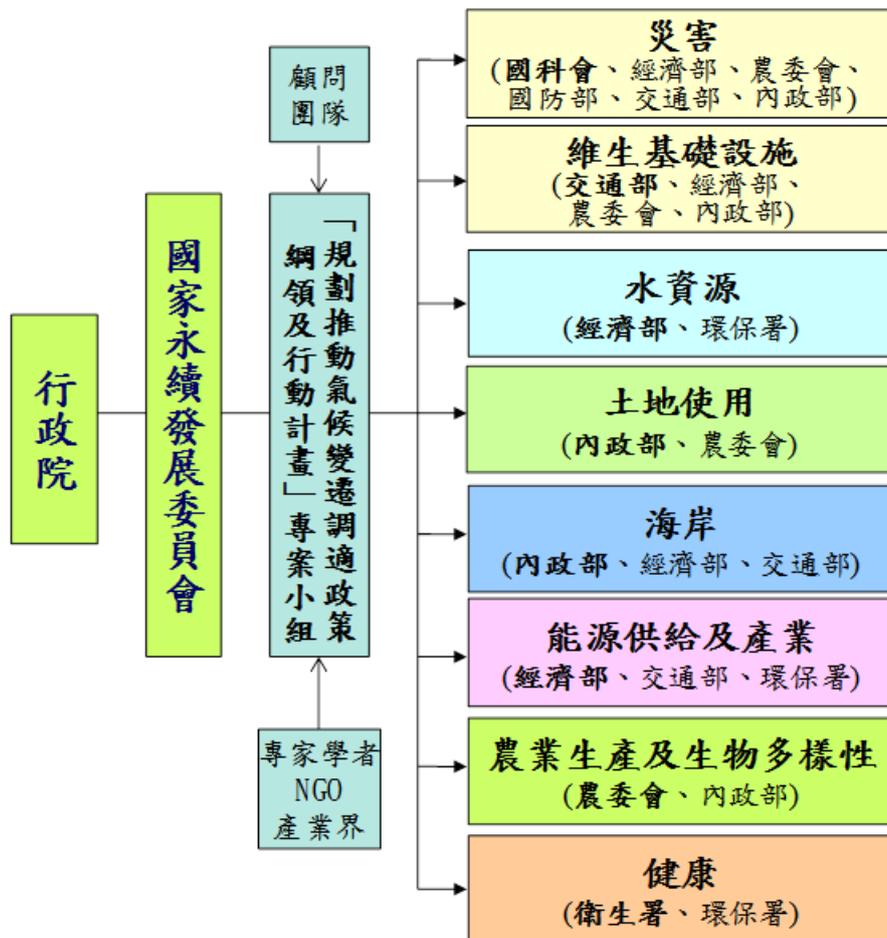


圖6-1 台灣調適工作架構

(資料來源：行政院經濟建設委員會，民國 101 年，「國家氣候變遷調適政策綱領」。)

根據「國家氣候變遷調適政策綱領」，調適策略擬訂主要基於兩大思維，即避開風險與降低風險。前者係優先避開高風險區位或行為，免於遭受氣候變遷的衝擊影響；後者則主要透過提升能力來降低風險，且可分為強化及預防兩種角度思考，以

降低氣候變遷的衝擊。各調適領域需共同遵循之優先策略包括：

#### 1、落實國土規劃與管理

同時將減緩與調適氣候變遷的概念融入空間規劃體系，進一步納入各層級的國土計畫、區域計畫、都市計畫與非都市土地管制中，評估氣候變遷的可能衝擊，以調整發展方向，採取因應措施，並延續落實於後續的國土管理。

#### 2、加強防災避災的自然、社會、經濟體系之能力

自然、社會與經濟體系之間的調適能力相互影響，為降低台灣在氣候變遷上的脆弱度，應同時強化防災避災的自然、社會、經濟體系之能力，以面對環境變遷與災害風險提高的嚴峻挑戰。

#### 3、推動流域綜合治理

以流域為單元，協調整合國家重要河川流域內之水土林資源、集水區保育、防汛、環境營造、海岸防護及土地使用等事項，優先推動流域整體規劃及治理。

#### 4、優先處理氣候變遷的高風險地區

高風險地區面臨水土複合性災害風險增加，考量其脆弱度與復原難度，應優先處理高風險地區，以減少氣候變遷衝擊與生命財產損失。

#### 5、提升都會地區的調適防護能力

台灣將近80%的人口聚集在都市地區，而相關都市土地的規劃與管理制度缺乏對氣候變遷的回應，都市地區的氣候脆弱度高，應積極推動氣候變遷調適，以提升都會地區整體調適防護能力。

本計畫屬於水資源領域，其調適目標為在水資源永續經營與利用之前提下，確保水資源量供需平衡。在考量此目標與前述需共同遵循之優先策略原則下，訂定水資源領域之調適策略，包含：

- 1、水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。
  - (1)開發與建設行為，進行成本效益分析與環境影響評估時，應考量氣候變遷，以避免造成水環境之衝擊。
  - (2)河川流域應進行整體治理規劃與管理，並以各流域之特有條件為基礎，將水環境污染控制、淡水水資源永續利用、生物多樣性維護與生態環境保護列入範圍。
- 2、由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。
  - (1)活化現有蓄水容量，適時更新改善與維護水資源相關設施，並降低現有供水設施之漏水、輸水損失。
  - (2)落實水庫集水區土地使用管理，妥善運用水資源作業基金，推動水庫集水區保育工作。區內合法使用之農牧用地，應優先輔導造林，並減少肥料及農藥等污染物隨降雨進入水庫。
  - (3)強化且妥善利用跨區域地表、地下水資源之聯合運用，並獎勵雨水、再生水等替代水資源之開發、推動與應用。
  - (4)強化異常缺水時之緊急應變措施。
  - (5)落實水權管理。
- 3、建立區域供水總量資訊，並由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益。
  - (1)導正自來水合理費率，調整整體用水型態，建立合理公平且彈性的用水轉移機制，獎勵節水措施，並檢討現有建

築法規，加強規範公有建築及公共設施之節水裝置之推動。

(2)鼓勵低耗水產業之發展，並考慮由其他不缺水國家輸入高耗水產品。

(3)調整農業耕作制度，並在考量維持環境永續性與農地生產力下，推廣精密灌溉與提升灌溉管理技術，以提高雨水利用率與減少灌溉用水需求。

4、以聯合國推動之水足跡（water footprint）概念促進永續水資源經營與利用。

(1)推動標示產品之耗水量，提供參考以減少高耗水產品之消費。

(2)推動產業建立節水製程，在單位產能下有效降低耗水量。

(3)推動水資源回收再利用及節約用水獎勵機制。

(4)透過物質流與水平衡之概念與系統性分析方法計算水資源帳，並檢視不同政府部門流域各類監測資料之合理性，充分掌握氣象、水量與水質等關鍵環境資訊，合理分析水足跡與水資源善用。

根據前述，「國家氣候變遷調適政策綱領」明訂的四項水資源調適策略與十四項水資源調適措施，而相關主協辦機關則依據調適措施分別規劃推動六十六項調適行動計畫，表6-1條列說明14項調適措施與對應的六十六項調適行動計畫名稱與主協辦機關，另「台灣中部區域水資源經理基本計畫(稿)」為達到區域水資源永續經營之目標下，透過「節約用水」、「有效管理」、「彈性調度」及「多元開發」等措施，研議具體推動方向，研擬之近、中、長程水資源經理基本計畫列如表6-1~表6-4所示。

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(1/7)

調適策略 1				
水資源永續經營與利用為最高指導原則，並重視水環境保護工作。				
調適措施	編號	行動計畫	主協辦機關	
1.1	開發與建設行為，進行成本效益分析與環境影響評估時，應考量氣候變遷，以避免造成水環境之衝擊。	1.1.1	因應氣候變遷水資源管理機制與策略探討	經濟部水利署
		1.1.2	因應氣候變遷強化各地區乾旱預警與應變措施規劃分析	經濟部水利署
		1.1.3	氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估研究計畫	經濟部水利署
		1.1.4	因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究	經濟部水利署
		1.1.5	氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究第 2 階段管理計畫	經濟部水利署
		1.1.6	台灣各區水資源經理基本計畫檢討	經濟部水利署
1.2	河川流域應進行整體治理規劃與管理，並以各流域之特有條件為基礎，將水環境污染控制、淡水水資源永續利用、生物多樣性維護與生態環境保護列入範圍。	1.2.1	重要河川環境營造計畫(以河川流域整體為規劃、治理概念)	經濟部水利署
		1.2.2	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
		1.2.3	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	經濟部水利署
		1.2.4	環境水體水質監測計畫	行政院環保署
		1.2.5	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	經濟部水利署
		1.2.6	台灣地區各水資源分區(東部及離島)因應氣候變遷水資源管理調適能力綜合研究	經濟部水利署
		1.2.7	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	經濟部水利署
		1.2.8	水體環境水質改善及經營管理計畫	行政院環保署
		1.2.9	改善養豬廢水污染河川水質	行政院農委會
		1.2.10	探討環境變遷對台灣濕地生態系影響之研究	行政院農委會

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(2/7)

調適策略 2			
由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。			
調適措施	編號	行動計畫	主協辦機關
2.1 活化現有蓄水容量，適時更新改善與維護水資源相關設施，並降低現有供水設施之漏水、輸水損失。	2.1.1	提升設施檢查與安全評估工作能量	經濟部水利署
	2.1.2	水利會事業區外農田水利設施更新改善計畫	經濟部水利署
	2.1.3	蓄水建造物更新及改善計畫(第二期)	經濟部水利署
	2.1.4	石門水庫及其集水區整治計畫	經濟部水利署
	2.1.5	因應氣候變遷強化農業用水調蓄設施提升農業用水利用效率-以彰雲地區為例	行政院農委會
	2.1.6	加強農田水利設施更新改善降低灌溉輸水損失	行政院農委會
	2.1.7	降低自來水漏水率及穩定供水計畫	經濟部水利署
	2.1.8	降低自來水漏水率計畫	台灣自來水公司
2.2 落實水庫集水區土地使用管理，妥善運用水資源作業基金，推動水庫集水區保育工作。區內合法使用之農牧用地，應優先輔導造林，並減少肥料及農藥等污染物隨降雨進入水庫。	2.2.1	水庫集水區低衝擊開發規劃示範計畫	經濟部水利署
	2.2.2	獎勵有機栽培、植樹保林、農地停耕與水質水量保護區加強巡防作業	經濟部水利署、行政院農委會
	2.2.3	集水區非點源污染現地處理技術研發與應用計畫	行政院環保署

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(3/7)

調適策略 2			
由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能。			
調適措施	編號	行動計畫	主協辦機關
2.3 強化且妥善利用跨區域地表、地下水資源之聯合運用，並獎勵雨水、再生水等替代水資源之開發、推動與應用	2.3.1	地面地下水聯合運用評估與規劃	經濟部水利署
	2.3.2	離島地區雨水替代水資源之利用獎勵示範計畫	經濟部水利署
	2.3.3	海水淡化廠評估規劃及試驗	經濟部水利署
	2.3.4	水再生利用風險控管技術研發計畫	經濟部水利署、經濟部工業局、行政院國科會、內政部營建署
2.4 強化異常缺水時之緊急應變措施	2.4.1	旱災潛勢圖製作	經濟部水利署
	2.4.2	水旱災減災及預警策進科技之研究	經濟部水利署
	2.4.3	旱災災害防救業務與應變機制檢討之研究（與枯旱(燈號)警戒值及應變相關）	經濟部水利署
2.5 落實水權管理	2.5.1	水利會改造與營運效率提升-以彰雲地區為例	行政院農委會
	2.5.2	健全水權管理計畫	經濟部水利署
	2.5.3	全台河川水系地面水可用水量計算資訊系統建置計畫	經濟部水利署
	2.5.4	水井合理抽汲水量及時間之探討	經濟部水利署

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(4/7)

調適策略 3 建立區域供水總量資訊，並由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益。			
調適措施	編號	行動計畫	主協辦機關
3.1 導正自來水合理費率，調整整體用水型態，建立合理公平且彈性的用水轉移機制，獎勵節水措施，並檢討現有建築法規，加強規範公有建築及公共設施之節水裝置之推動	3.1.1	自來水事業永續經營之水價策略規劃與推動	經濟部水利署
	3.1.2	公立機關學校全面換裝省水器材計畫	經濟部水利署、各縣市政府
	3.1.3	推動邁向永續國家—節水行動方案	經濟部水利署
	3.1.4	研訂有關建築基地之基本雨水貯集量及設置雨水貯集滯洪設施等規定	內政部營建署
	3.1.5	道路工程透水鋪面設計規範專章可行性評估及示範計畫	內政部營建署
	3.1.6	提升農業水資源利用效率政策規劃	行政院農委會
3.2 鼓勵低耗水產業之發展，並考慮由其他不缺水國家輸入高耗水產品	3.2.1	鼓勵低耗水產業之發展	經濟部工業局 經濟部水利署 行政院國科會
	3.2.2	101 年「循環水養殖技術推廣講習與養殖用水調查及效益評估」計畫	行政院農委會

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(5/7)

調適策略 3 建立區域供水總量資訊，並由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益。			
調適措施	編號	行動計畫	主協辦機關
3.3 調整農業耕作制度，並在考量維持環境永續性與地生產力力下，推廣精密灌溉與提升灌溉管理技術，以提高雨水利用率與減少灌溉用水需求。	3.3.1	節約農業灌溉用水推廣旱作管 路灌溉與現代化節水設施	行政院農委會
	3.3.2	加強旱災灌溉應變機制-研訂各 農田水利會乾旱時期分區輪流 停灌計畫	行政院農委會
	3.3.3	規劃利用電腦遠端監控及自動 控制調配系統配合調蓄設施加 強灌溉管理計畫-以關山大圳及 卑南上圳為例	行政院農委會
	3.3.4	強化水稻用水栽培體系可行性 評估及其對水資源影響	行政院農委會
	3.3.5	研議雲彰地區掌水工機制，促進 水資源使用效益評估	行政院農委會
	3.3.6	新辦農地重劃區配置灌溉調節 池	行政院農委會
	3.3.7	研析彰雲地層下陷地區水稻節 水灌溉及耕作制度調整計畫	行政院農委會

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(6/7)

調適策略 4				
以聯合國推動之水足跡 (water footprint) 概念促進永續水資源經營與利用。				
調適措施		編號	行動計畫	主協辦機關
4.1	推動標示產品之耗水量，提供參考以減少高耗水產品之消費	4.1.1	水足跡概念推廣與先期研究	經濟部水利署
		4.1.2	水足跡應用技術之先期研究	經濟部水利署
		4.1.3	推動標示產品之耗水量，提供參考以減少高耗水產品之消費	經濟部工業局
4.2	推動產業建立節水製程，在單位產能下有效降低耗水量	4.2.1	工業區及區外工廠節水輔導	經濟部工業局
		4.2.2	推廣、輔導工業區大用水戶自廠廢水再生利用	經濟部工業局
		4.2.3	推動節水型社會—工業節水	經濟部工業局
		4.2.4	科學園區管理節水輔導	行政院國科會
		4.2.5	南部科學園區工廠節水輔導	行政院國科會
4.3	推動水資源回收再利用及節約用水獎勵機制	4.3.1	推動社區節水宣導與再教育計畫	經濟部水利署
		4.3.2	訂定再生水資源發展條例-建構再生水發展環境及獎勵機制	經濟部水利署
		4.3.3	自來水法-推動法制作業計畫	經濟部水利署
		4.3.4	補助民眾購買省水標章產品	經濟部水利署
		4.3.5	訂定獎勵住戶設置雨水貯留設施	經濟部水利署

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-1 水資源調適措施與對應的行動計畫(7/7)

調適策略 4 以聯合國推動之水足跡 (water footprint) 概念促進永續水資源經營與利用。			
調適措施	編號	行動計畫	主協辦機關
4.4 透過物質流與水平衡之概念與系統分析方法計算水資源帳，並檢視不同政府部門流域各類監測資料之合理性，充分掌握氣象、水量與水質等關鍵環境資訊，合理分析水足跡與水資源善用。	同 4.1.1	水足跡概念推廣與先期研究	水利署(綜企組)
	同 4.1.2	水足跡應用技術之先期研究	水利署(保育組)
	同 4.1.3	推動標示產品之耗水量，提供參考以減少高耗水產品之消費	經濟部工業局

(資料來源：行政院，民國 101 年，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」。)

表 6-2 中部區域水資源經理基本計畫各實施方案或計畫經費近程需求表

實施方案或計畫		經費概估(億元)											期程 (年)	備註
		合計	100年	101年	102年	103年	104年	105年	106年	107年	108年	109年		
近程	2008~2012 積極推動節約用水計畫	2.7	2.18	0.52									5	已核定
近程	工業區能資源整合推動計畫	0.23											4	已核定
近程	加速辦理降低自來水漏水率及穩定供水計畫(98-100)	154	154										4	振興經濟新方案 一 擴大公共建設 投資
近程	水價調整計畫	—											—	適時推動
近程	無自來水地區供水改善計畫	12.29	12.29										4	已核定
近程	加強辦理無自來水地區供水改善計畫(98-100年)	22	22										3	振興經濟新方案 一 擴大公共建設 投資
近程	無自來水地區供水改善計畫第二期(101~104年)	16	—	3.89	4	4	4.11						4	已核定
近程	地下水保育管理計畫(98~103年)	25.98	14.24	4.12	3.82	3.8							6	已核定
近程	蓄水建造物更新及改善計畫	8.99	8.99										3	已核定實施(振興經濟方案)

實施方案或計畫		經費概估(億元)												期程 (年)	備註
		合計	100年	101年	102年	103年	104年	105年	106年	107年	108年	109年	110年		
近程	蓄水建造物整體更新改善計畫(101~105年)	10	—	2	2	2	2	2						5	已報院
近程	湖山水庫	204.75	89.8	13.51	36.5	64.94								13	已核定
近程	天花湖水庫	215	—	—	0.5	35	39.8	30	46.6	41.8	17.1	4.2	—	8	環評有條件通過，計畫尚未核定
近程	大安大甲溪水資源聯合運用計畫	74	—	0.3	2.8	5	11.6	13.7	8	5.6	11.5	11.8	3.7	10	已核定
近程	烏溪烏嘴潭人工湖計畫	204.66	—	—	0.1	1.03	48.82	46.89	21.26	26.91	26.91	17.71	15.03	9	尚未核定
近程	福田污水處理廠水再生利用	48												4	尚未核定
近程	鯉魚潭淨水場至苗栗地區送水管	12.2												4	台水公司視財務籌應經費辦理。
近程	設施安全評估相關工作(101~103)	—												—	經常性業務事項，由管理單位編列經費辦理
近程	彰化海水淡化廠(101~105)	—												5	
合計		1010.8	303.5	24.34	49.72	115.8	106.3	92.59	75.86	74.31	55.51	33.71	18.73		

註：1.近程係指民國103年以前開始執行之實施方案或計畫。

2.部分實施方案或計畫(如節約用水、降低漏水率、無自來水地區供水改善及蓄水建造物更新及改善...等)

有持續實施之必要，爰於實施方案或計畫到期後，須依屆時需求另案提計畫報院爭取預算。

**表 6-3 中部區域水資源經理基本計畫各實施方案或計畫經費中程需求表**

實施方案或計畫		經費概估 (億元)	期程 (年)	備註
中程	八寶堰	241.0	6	
中程	台中海水淡化廠	56.7	4	
中程	彰雲地區地表地下水聯合運用	90.0	5	
中程	霧社水庫防淤及清淤	30.0	5	
<b>已知經費小計</b>		<b>417.7</b>		

註：1.中程係指民國 104 年至 107 年開始執行之實施方案或計畫

2.中程實施方案或計畫係初估，未來仍須視用水需求滾動式檢討後方能確定是否推動。

3.部分實施方案或計畫（如節約用水、降低漏水率、無自來水地區供水改善及蓄水建造物更新及改善...等）有持續實施之必要，爰於實施方案或計畫到期後，須依屆時需求另案提計畫報院爭取預算。

(資料來源：經濟部水利署，民國 101 年 2 月，「台灣中部區域水資源經理基本計畫(經濟部水資源審議委員會審議修訂本)」。)

**表 6-4 中部區域水資源經理基本計畫各實施方案或計畫經費長程需求表**

實施方案或計畫		經費概估 (億元)	期程 (年)	備註
長程	平安橋欄河堰與永和山水庫聯合運用	8.5	4	
長程	溪州人工湖(下水埔湖區)	50.6	5	
長程	濁水溪扇頂人工湖(a 湖區) (地下水補注)	14.95	4	
長程	濁水溪河口堰	122.0	3	
<b>已知經費小計</b>		<b>196.05</b>		

註：1.長程係指民國 108 年以後執行之實施方案或計畫

2.長程實施方案或計畫係初估，未來仍須視用水需求滾動式檢討後方能確定是否推動。

3.部分實施方案或計畫（如節約用水、降低漏水率、無自來水地區供水改善及蓄水建造物更新及改善...等）有持續實施之必要，爰於實施方案或計畫到期後，須依屆時需求另案提計畫報院爭取預算。

(資料來源：經濟部水利署，民國 101 年 2 月，「台灣中部區域水資源經理基本計畫(經濟部水資源審議委員會審議修訂本)」。)

## 二、中部區域缺水因素探討

根據前述章節對於中部區域之水文衝擊、河川流量衝擊及供水衝擊分析結果，可初步整理中部區域缺水因素包含需求成長、水資源設施不足、自來水漏水率偏高，區域調配管理彈性等因素，以下分別針對各缺水因素進行說明。

### 1. 需求成長

因人口增加與經濟發展造成生活用水及工業用水日趨成長，再加上氣候變遷對GDP與溫度影響下，讓用水成長幅度變化更為劇烈，根據本計畫分析結果，在A1B氣候變遷情境下生活用水量相較於無考量氣候變遷生活用水量之變化量，苗栗地區成長每日3.4萬立方公尺，台中地區零成長，彰化地區成長每日5.9~7.2萬立方公尺，南投地區成長每日3.6萬立方公尺，雲林地區成長每日5.4萬立方公尺。顯示除了台中地區外，氣候變遷讓其他地區用水需求每日成長了數萬立方公尺，故用水調配將更為吃緊。

### 2. 水資源設施不足

根據地表水公共供水潛能量分析結果，大甲溪公共供水潛能量為每年8.59億噸；大安溪公共供水潛能量為每年5.97億噸；後龍溪公共供水潛能量為每年7.78億噸；中港溪公共供水潛能量為每年8.76億噸；濁水溪公共供水潛能量為每年3.12億噸；烏溪公共供水潛能量為每年31.18億噸。但目前公共用水使用量多遠低於供水潛能量，顯示目前水資源設施不足，尚有餘裕水源可供開發，尤以烏溪水源目前每年尚有31億噸之餘裕水量，水源利用狀況低，尤於豐水期，大量逕流未加利用即流失殊為可惜，故水利署業已規劃烏嘴潭人工湖已充分利用烏溪水源。另水利署亦已規

劃天花湖水庫，透過打鹿坑攔河堰引用後龍溪餘裕水量進行調配。

### 3. 自來水漏水率偏高

根據自來水年報，目前中部地區之自來水抄見率約為0.6~0.7，約有三~四成的滲漏損失，漏水率偏高，主要因為921地震後，造成多處自來水管線漏水率大增，故水利署於民國98-100年提出「加速辦理降低自來水漏水率及穩定供水計畫」，積極改善自來水漏水率。

### 4. 調配管理彈性

在面對未來供水可能不足的情況下，如何加強常態供水、備用水源與緊急水系統之管理整合，抑或是如何強化緊急用水時之用水彈性調度機制，在未來可能不足的情況下，加強各種水源之即時及彈性調度亦為一重要的課題。

根據前述缺水因素探討，調適策略研擬可從供給面與需求面策略著手，即以「國家氣候變遷調適政策綱領」之第二項(由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能)及第三項(由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益)為調適策略方向，並參考民國101年提出之「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」、民國101年「台灣中部區域水資源經理基本計畫(經濟部水資源審議委員會審議修訂本)」及國外水資源調適方案經驗，研擬適合中部區域之調適計畫，並將調適計畫分為(1)傳統水資源方案與新興水源方案、(2)備援供水系統方案、(3)各標的用水節水方案等三大部分。

## 三、傳統水資源方案與新興水源方案

傳統水資源方案與新興水源方案屬於「國家氣候變遷調適政策綱領」之第二類策略(由供給面檢討水資源管理政策以促進水資

源利用效能)，可透過「多元開發措施」如越域引水、人工湖、水庫攔河堰、雨水收集貯留、深井開發、寬口井開發、輻射井開發、集水管開發、集水廊道開發、海水淡化廠開發、廢汙水回收再利用等方式來降低氣候變遷衝擊。

#### **四、備援供水系統方案**

備援供水系統方案屬於「國家氣候變遷調適政策綱領」之第二類策略(由供給面檢討水資源管理政策以促進水資源利用效能)，可透過「多元開發措施」或「彈性調度措施」來降低氣候變遷衝擊，如地下水備援、海水淡化廠開發、廢汙水回收再利用、加強灌溉管理調度、休耕停灌或跨區調度等。

#### **五、各標的用水節水方案供水系統方案**

各標的用水節水方案屬於「國家氣候變遷調適政策綱領」之第三類策略(由需求面檢討水資源總量管理政策以促進水資源使用效益)，可透過「節約用水措施」來降低氣候變遷衝擊，如生活節水(推廣省水器材安裝)、工業節水(輔導提升用水效率)及農業節水(改善取水、蓄水及輸配水設施)等。

## 第七章、訂定水資源調適計畫

本計畫根據前一節提出之因應氣候變遷的水資源強化策略，初步研議未來中部區域各供水區之水資源調適計畫，並參考英國氣候衝擊綱領 (UK Climate Impacts Programme, 簡稱 UKCIP) 調適精靈 (Adaptation Wizard), 評估各調適方案之優先順序，進而擬定水資源調適策略的路線圖及相關策略的檢核機制。水資源調適計畫訂定分析流程圖示如圖 7-1, 由於水利署業已規劃水資源經理基本計畫來因應經濟成長所造成之需求量增加，故需先確認目標年下哪些經理基本計畫會實際上市場運作，並分析經理基本計畫上場後是否足以滿足經濟成長與氣候變遷造成之供需缺口。若能滿足，則只需經理基本計畫即可，若不能滿足，則需研擬適合之調適策略，並透過多準則評估分析決定調適策略優先順序，再依供需缺口大小，建議調適方案組合。以下針對各項進行說明。相關說明如下：

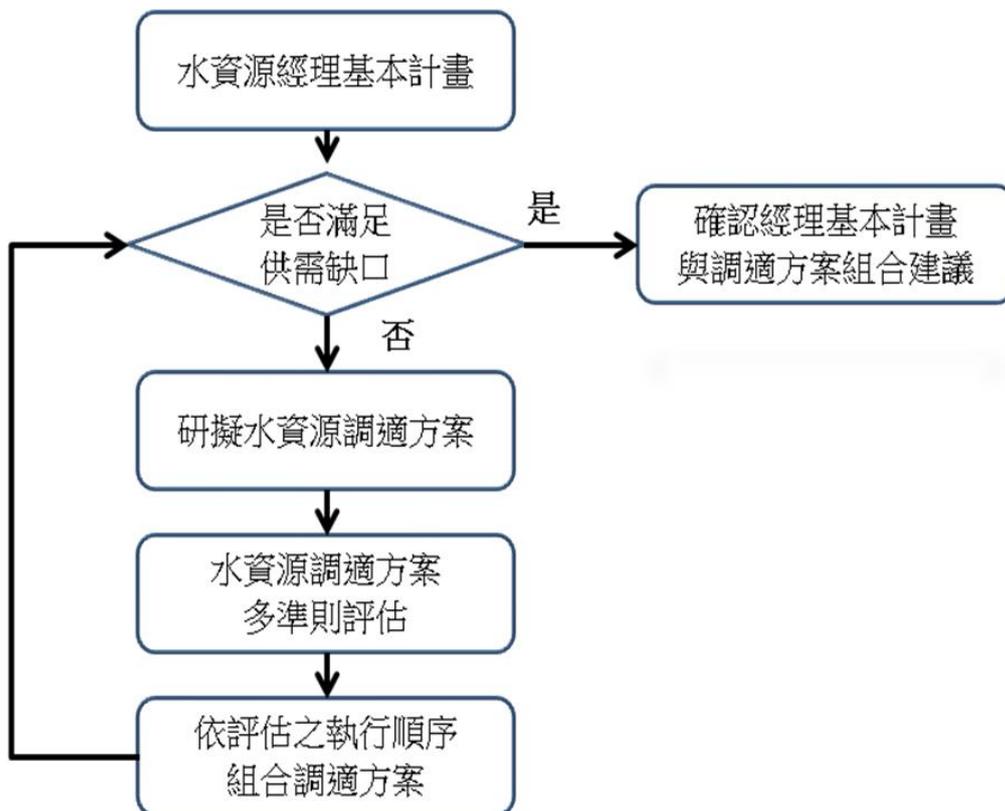


圖 7-1 水資源調適計畫訂定分析流程圖

## 一、中部地區水資源經理基本計畫

本計畫目標年採用120年，根據水利署「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」，預計上場之水資源經理基本計畫有天花湖及鳥嘴潭人工湖，各經理計畫說明如下：

### 1. 天花湖水庫

為因應苗栗地區中、遠程計畫所需水量，以建造天花水庫為最佳方案。天花湖水庫計畫壩址位於後龍溪支流沙河上游，擬自後龍溪主流打鹿坑流量站附近設攔河堰以引水隧道挹注到水庫，主要工程內容包括水庫、溢洪道、大壩下游河道整治、攔河堰及其附屬工程、引水路等。在不影響原有用水之權益下，每日可增供約26萬噸用水量。水庫興建後，不但可滿足苗栗地區用水需求與增加區域水資源調配彈性外，鯉魚潭水庫水源可以回供台中每日10萬噸，同時減少地下水之抽用等多重功效，實為值得開發之方案。

### 2. 烏溪鳥嘴潭人工湖

烏溪為中部區域主要河川之一，其河川逕流豐沛，惟目前水源利用狀況低，尤於豐水期，大量逕流未加利用即流失殊為可惜，故於烏溪橋上游5公里處規劃一攔河堰，並利用烏溪南岸土地規劃一離槽人工湖，每日可增供約30萬噸用水量，完成後可減抽南投地區地下水4萬噸及彰化地區地下水26萬噸，具有供水穩定、用地取得單純、工程技術可行及開發環境影響衝擊小等優點。

將上述兩方案納入本計畫建立之水源調配模式進行供需缺口分析，分析結果詳如表7-1~表7-3。其說明如下：

### (1)苗栗地區

就苗栗地區而言，其地下水供應量為每日3.5萬立方公尺，天花湖水庫在不同氣候變遷情境下可供應苗栗地區每日21.43~32.7萬立方公尺，當天花湖水庫完成後，鯉魚潭原支援每日10萬立方公尺將移回，整體而言，在各情境下，供需缺口總量皆為負值，表示經理基本計畫足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口，不需再研擬調適計畫因應。

### (2)台中地區

就台中地區而言，其地下水供應量為每日10萬立方公尺，原支援苗栗每日10萬立方公尺在天花湖水庫完工後將移回，另尚需支援彰化每日8萬立方公尺及區外農業用水每日20萬立方公尺，共需支援每日28萬立方公尺。整體而言，在各情境下，供需缺口總量皆為正值，A1B情境最大供需缺口總量為每日23.26萬立方公尺，表示經理基本計畫不足以供應目標年需求量，尚需研擬調適計畫來因應供需缺口。

### (3)彰化地區

就彰化地區而言，烏嘴潭在不同氣候變遷情境下可供應彰化地區每日17.57~31.79萬立方公尺，原地下水供應量為每日30萬立方公尺，因湖山水庫及烏嘴潭人工湖完成後將分別填補彰化地下水每日4萬立方公尺及每日22萬立方公尺，故在考量經理計畫下彰化地下水供應量為每日4萬立方公尺，另有鯉魚潭支援每日8萬立方公尺。整體而言，在大部分氣候變遷情境下，供需缺口總量皆為正值，A1B情境最大供需缺口總量為每日10.99萬立方公尺，表示經理基

本計畫不足以供應目標年需求量，尚需研擬調適計畫來因應供需缺口。

#### (4)雲林地區

就雲林地區而言，湖山水庫完成後，將填補雲林地區地下水供應量每日20萬立方公尺，故雲林地區地下水供應量為0，原支援嘉義每日3.8萬立方公尺，移回每日1.8萬立方公尺，另需支援彰化地下水減抽量每日4萬立方公尺，共需向外支援每日6萬立方公尺。整體而言，在大部分氣候變遷情境下，供需缺口總量皆為正值，A1B情境最大供需缺口總量為每日5.03萬立方公尺，表示經理基本計畫不足以供應目標年需求量，尚需研擬調適計畫來因應供需缺口。

#### (5)南投地區

就南投地區而言，原地下水及區域性水源供應量為每日19萬立方公尺，烏嘴潭人工湖完成後將減抽每日4萬立方公尺，故南投地區地下水供應量為每日15萬立方公尺，烏嘴潭在不同氣候變遷情境下可供應南投地區每日3.95~4.13萬立方公尺，整體而言，在各情境下，供需缺口總量皆為負值，表示經理基本計畫足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口，不需再研擬調適計畫因應。

表 7-1 苗栗縣及台中市考量經理計畫下之氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
苗栗縣 (中港溪、 後龍溪)	需求量	41.64	45.03	45.03	45.03	45.03	45.03	48.04	48.04	48.04	48.04	48.04	43.57	43.57	43.57	43.57	43.57
	地表水供水能力	21.40	18.50	25.57	18.50	16.75	27.79	13.78	26.83	20.50	24.69	14.29	24.80	26.65	13.24	28.24	27.94
	地下水供應量	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	區域受支援量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	水資源經理計畫 供應量	27.57	29.55	22.79	29.38	30.52	21.69	32.57	21.43	26.18	23.18	32.70	23.47	22.66	31.75	22.12	21.50
	氣候變遷造成之供 需缺口	-	4.31	4.00	4.48	5.09	2.88	9.02	7.11	8.69	7.50	8.38	2.63	1.59	5.91	0.54	1.46
	供需缺口總量	-10.83	-6.52	-6.83	-6.35	-5.74	-7.95	-1.81	-3.72	-2.14	-3.33	-2.45	-8.20	-9.24	-4.92	-10.29	-9.37
台中市 (大安溪、 大甲溪)	需求量	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76	170.76
	地表水供水能力	178.50	176.20	174.80	165.50	176.10	176.80	159.33	190.80	169.20	180.94	168.75	177.92	189.75	166.36	199.40	179.60
	地下水供應量	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	區域支援量	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00
	水資源經理計畫 供應量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	氣候變遷造成之供 需缺口	-	2.30	3.70	13.00	2.40	1.70	19.17	-12.30	9.30	-2.44	9.75	0.58	-11.25	12.14	-20.90	-1.10
	實際供需缺水缺口	10.26	12.56	13.96	23.26	12.66	11.96	29.43	-2.04	19.56	7.82	20.01	10.84	-0.99	22.40	-10.64	9.16

表 7-2 彰化縣及雲林縣考量經理計畫下之氣候變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
彰化縣 (濁水溪)	需求量	41.58	48.39	48.34	48.77	47.55	48.47	49.47	49.90	50.31	50.19	50.03	46.62	47.42	47.73	42.87	42.87
	地表水供水能力	4.41	4.40	4.10	4.30	5.20	4.11	4.00	4.41	4.10	4.50	4.40	4.35	4.78	4.10	6.99	4.31
	地下水供應量	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	區域受支援量	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
	水資源經理計畫 供應量	26.14	21.95	25.72	21.48	31.14	21.91	22.29	19.82	17.57	31.79	23.98	30.80	26.56	25.29	29.30	27.22
	氣候變遷造成之供 需缺口	-	11.01	7.49	11.95	0.17	11.42	12.14	14.64	17.61	2.87	10.62	0.43	5.05	7.31	-4.45	0.31
	供需缺口總量	-0.97	10.04	6.52	10.99	-0.79	10.45	11.18	13.67	16.64	1.90	9.65	-0.53	4.08	6.34	-5.42	-0.66
雲林縣 (濁水溪)	需求量	31.37	36.71	36.71	36.71	36.71	36.71	41.58	41.58	41.58	41.58	41.58	34.39	34.39	34.39	34.39	34.39
	地表水供水能力	41.00	38.20	38.91	38.33	42.90	37.68	36.43	41.36	36.77	39.54	38.68	38.58	41.05	38.47	43.10	38.07
	地下水供應量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	區域支援量	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00
	水資源經理計畫 供應量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	氣候變遷造成之供 需缺口	-	8.14	7.43	8.01	3.44	8.66	14.79	9.86	14.45	11.68	12.54	5.44	2.97	5.55	0.92	5.95
	實際供需缺水缺口	-3.63	4.51	3.80	4.38	-0.19	5.03	11.15	6.22	10.81	8.04	8.90	1.81	-0.66	1.92	-2.71	2.32

表 7-3 南投縣氣候考量經理計畫下之變遷缺口分析結果

單位：萬立方尺/日

情境		無考量 氣候變遷	A1B					A2					B1				
GCM模式			CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM	CSMK 35	GFCM 21	MIMR	MPEH 5	MRC GCM
南投縣 (濁水溪)	需求量	17.56	21.10	21.10	21.10	21.10	21.10	24.30	24.30	24.30	24.30	24.30	19.57	19.57	19.57	19.57	19.57
	地表水供水能力	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	地下水供應量	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	區域受支援量	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	水資源經理計畫 供應量	4.00	3.99	3.95	3.98	4.13	3.97	3.99	4.01	4.01	4.12	4.00	4.05	4.03	4.01	4.12	4.02
	氣候變遷造成之供 需缺口	-	3.55	3.59	3.56	3.41	3.57	6.75	6.73	6.73	6.62	6.74	1.96	1.98	2.00	1.89	1.99
	供需缺口總量	-4.94	-1.39	-1.35	-1.38	-1.53	-1.37	1.81	1.79	1.79	1.68	1.80	-2.98	-2.96	-2.94	-3.05	-2.95

## 二、調適方案初步規劃

根據前節分析，在考量天花湖水庫與烏嘴潭人工湖經理計畫下，苗栗地區與南投地區已足以滿足供需缺口總量，故不需另提調適方案，然台中地區A1B情境最大供需缺口總量達每日23.26萬立方公尺、彰化地區A1B情境最大供需缺口總量達每日10.99萬立方公尺、雲林地區A1B情境最大供需缺口總量為每日5.03萬立方公尺，仍無法滿足目標年需求量，需另外提出調適方案因應之。

本計畫參考國內外調適方案經驗，以多元化水源開發與節約用水為策略主軸，建議之調適方案列如表7-4。

表 7-4 中部區域調適方案研擬列表

調適方案 編號	調適方案名稱	備註
1	台中海水淡化廠	預計廠址為台中火力發電廠、用以供應台中港臨海工業區
2	福田污水處理廠污水再生利用	用以供應台中地區工業用水
3	溪州人工湖(下水埔湖區)	用以供應彰化地區之公共用水
4	彰化海水淡化廠	用以供應彰化濱海工業區
5	濁水溪河口堰	用以供應彰化地區與雲林地區之公共用水
6	台中生活節水方案	節水目標為每人每日用水量 250 升
7	雲林生活節水方案	節水目標為每人每日用水量 250 升
8	台中地區自來水管線汰換	以降低漏水率 5%為目標
9	彰化地區自來水管線汰換	以降低漏水率 5%為目標
10	雲林地區自來水管線汰換	以降低漏水率 5%為目標

### 三、調適方案所需費用估算

本計畫研擬之調適方案中，台中海水淡化廠、福田污水處理廠污水再生利用、溪州人工湖、彰化海水淡化廠及濁水溪河口堰之成本、工期與增供水量可參考「台灣中部區域水資源經理基本計畫」之估算成果，表列如表7-5。生活節水目標為每人每日用水量250升，目前台中地區A1B情境下之每人每日用水量285升，彰化地區A1B情境下之每人每日用水量為238升，雲林地區1B情境下之每人每日用水量為291.6升，彰化地區已低於節水目標量，故建議生活節水方案應用於台中與雲林地區，其可節約水量分別為每日14.27萬立方公尺與每日4.15萬立方公尺。自來水管線汰換以降低漏水率5%為目標，故台中、彰化與雲林地區之自來水管線汰換可節省水量分別為每日8.18萬立方公尺、每日2.7萬立方公尺及每日1.86萬立方公尺。

表 7-5 中部區域調適方案所需費用列表

調適方案編號	調適方案名稱	供水量或調度量(萬立方公尺/日)	工期(年)	經費概估(億元)
1	台中海水淡化廠	9	4	56.7
2	福田污水處理廠污水再生利用	9	4	48
3	溪州人工湖(下水埔湖區)	5.1	5	50.6
4	彰化海水淡化廠	20	5	50
5	濁水溪河口堰	8.8	3	122
6	台中生活節水方案	14.27	-	-
7	雲林生活節水方案	4.15	-	-
8	台中地區自來水管線汰換	8.18	-	-
9	彰化地區自來水管線汰換	2.7	-	-
10	雲林地區自來水管線汰換	1.86	-	-

#### 四、零方案面對缺水之災害風險分析

本計畫零方案係指現況供水系統下之A1B最劣情況，根據第五章風險地圖分析結果，各地區之A1B最劣情況皆為MIMR模式，零方案風險地圖示如圖5-25~圖5-27，其說明如下：

- (1)生活用水：苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮等之風險度為5，而後龍鎮及公館鄉之風險度為4；台中市北區、北屯區、南區、南屯區、潭子區、東區、梧棲區、梧棲區(海)、中區、大里區、西區、梧棲區、豐原區及西屯區之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、和美鎮及彰化市等之風險度為5級，而鹿港鎮、線西鄉、伸港鄉、埔心鄉、花壇鄉、北斗鎮、溪湖鎮、田尾鄉、社頭鄉、福興鄉、秀水鄉、大村鄉、永靖鄉、芬園鄉及田中鎮之風險度高於4級；雲林縣與南投縣之風險度皆低於4級。
- (2)工業用水：苗栗縣頭份鎮、苗栗市及竹南鎮之風險度為5級，後龍鎮、三義鄉及造橋鄉之風險度為4級；台中市北區、北屯區、南屯區、大雅區、潭子區、神岡區、大里區、太平區、西區、大甲區、豐原區及西屯區之風險度高於4級；彰化縣和美鎮與彰化市之風險度為5級，而員林鎮、鹿港鎮、線西鄉、伸港鄉、花壇鄉、福興鄉及大村鄉之風險度高於4級；雲林縣斗六市之風險度高於4級；南投縣各區之風險度皆低於4。
- (3)農業用水：苗栗縣、彰化縣、雲林縣及南投縣之風險度皆低於4；台中市后里區、清水區、清水區(海)、石岡區、大甲區及豐原區之風險度高於5級。

## 五、調適方案面對缺水之災害風險分析

中部地區水資源經理計畫下之A1B最劣情況皆為MIMR模式，考量經理計畫下之缺水風險地圖示如圖5-31~圖5-33，其說明如下：

- (1)生活用水：苗栗縣各區之風險度皆低於4；台中市北區、北屯區、南區、南屯區、潭子區、東區、梧棲區、梧棲區(海)、中區、大里區、西區、豐原區及西屯區等之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、鹿港鎮、伸港鄉、埔心鄉、花壇鄉、北斗鎮、溪湖鎮、田尾鄉、社頭鄉、福興鄉、秀水鄉、和美鎮、大村鄉、永靖鄉、彰化市及田中鎮等之風險度為5級，而埔鹽鄉、線西鄉、二林鎮、二水鄉、埤頭鄉及芬園鄉等之風險度為4級；雲林縣西螺鎮、斗南鎮、北港鎮、虎尾鎮及斗六市等之風險度為4級；南投縣各區之風險度皆低於4級。
- (2)工業用水：苗栗縣竹南鎮之風險度為4級；台中市北區、北屯區、南屯區、大雅區、潭子區、神岡區、大里區、太平區、西區、大甲區、豐原區及西屯區等之風險度高於4級；彰化縣員林鎮、鹿港鎮、伸港鄉、花壇鄉、福興鄉、和美鎮、大村鄉及彰化市之風險度為5級，而埔鹽鄉、線西鄉、芳苑鄉、二林鎮、埔心鄉、北斗鎮、溪湖鎮、社頭鄉、秀水鄉、溪州鄉、永靖鄉、埤頭鄉及田中鎮之風險度高於4；雲林縣麥寮鄉及斗六市之風險度為5級；南投縣各區之風險度皆低於4級。
- (3)農業用水：苗栗縣各區之風險度皆低於4；台中市后里區、清水區、清水區(海)、石岡區、大甲區及豐原區等之風險度為5級；其餘縣市之風險度皆低於4。

## 六、調適方案之效益評估

水資源調適方案之經濟效益包含直接效益與間接效益。直接效益係指在投入直接成本後所產出的財務與勞務，對投資者直接產生影響，其衡量方式為量化成貨幣價值；而間接效益指計畫原生或衍生活動之結果所產生的價值，可夠過供給面之投入產出模型來進行估算。

本計畫主要目的在於面對氣候變遷引發缺水危機之情形下，分析各用水對象的災害脆弱度與風險，以及界定未來中部區域的氣候變遷與社會經濟的情境，藉以分析在有無氣候變遷的情況下，各標的用水的衝擊程度與災害風險，進而研議台灣中部區域之適應氣候變遷的因應計畫。故本計畫著重於直接效益部分，即適應策略所減少之缺水損失作為效益評估。本計畫缺水損失以策略增供水量乘以單位用水產值估算，各項產業歷年生產毛額可參考表7-6所示，其中各產業西元2009年生產毛額總和為12,096,882百萬元，西元2009年工業用水量約為23162.12百萬立方公尺，本計畫假設缺水將造成影響原產值之10%，故

$$\begin{aligned} \text{單位用水產值} &= \text{年生產毛額} / \text{年總用水量} * 10\% \\ &= 332,724 \text{ 百萬元} / 216 \text{ 億立方公尺} * 10\% \\ &= 52.2 \text{ 元} / \text{立方公尺} \end{aligned}$$

各調適方案之效益可由方案之增供水量乘以單位用水產值估算之，各調適方案效益之估算成果詳如表7-7。

表 7-6 國內各業歷年生產毛額列表(1/2)

(單位：新臺幣百萬元)

產業別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
A 農、林、漁、牧業	188,593	188,436	183,581	190,733	195,833	197,589	191,621	201,799	215,869
B 礦業及土石採取業	48,110	52,099	43,610	47,946	44,718	39,444	58,627	20,734	51,691
C 製造業	2,306,353	2,595,812	2,801,855	3,047,086	3,120,118	3,239,070	3,405,858	3,132,252	2,960,300
D 電力及燃氣供應業	183,154	189,020	188,087	161,630	155,864	147,526	124,719	65,301	169,645
E 用水供應及污染整治業	48,877	53,536	59,115	64,443	70,773	77,454	83,858	83,286	82,244
F 營造業	267,667	261,516	253,520	288,093	284,824	332,438	357,606	363,274	332,724
G 批發及零售業	1,699,937	1,744,101	1,785,113	1,941,499	2,073,677	2,188,716	2,340,289	2,390,445	2,319,345
H 運輸及倉儲業	412,398	421,717	408,507	426,864	413,665	394,318	411,981	395,054	378,857
I 住宿及餐飲業	206,706	207,752	204,743	215,478	229,558	234,114	244,824	251,023	254,893
J 資訊及通訊傳播業	393,845	394,088	403,079	408,597	410,648	415,443	442,440	455,728	459,034
K 金融及保險業	816,794	832,267	807,274	859,478	900,684	891,545	931,976	915,973	795,744
L 不動產業	884,928	855,445	892,972	926,654	960,160	1,045,155	1,095,719	1,108,059	1,139,106
M 專業、科學及技術服務業	179,288	187,658	198,997	210,604	223,568	253,492	273,134	278,056	284,401

(資料來源：行政院主計處)

表 7-6 國內各業歷年生產毛額列表(2/2)

(單位：新臺幣百萬元)

產業別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
N 支援服務業	99,367	108,384	110,997	124,391	139,089	159,842	173,759	187,085	183,117
O 公共行政及國防	810,088	808,341	847,589	872,697	892,873	909,713	913,320	945,152	950,264
P 教育服務業	457,411	488,249	530,562	532,317	547,315	572,723	599,751	603,213	619,336
Q 醫療保健及社會工作服務業	277,393	293,560	298,677	308,905	325,532	347,436	364,258	377,440	395,395
R 藝術、娛樂及休閒服務業	87,612	90,203	92,523	93,482	95,436	101,238	106,755	111,253	117,557
S 其他服務業	275,519	292,628	295,116	306,932	325,699	345,561	361,953	376,280	387,360
合 計	9,644,040	10,064,812	10,405,917	11,027,829	11,410,034	11,892,817	12,482,448	12,261,407	12,096,882
GDP	9,930,387	10,411,639	10,696,257	11,365,292	11,740,279	12,243,471	12,910,511	12,620,150	12,477,182

(資料來源：行政院主計處)

表 7-7 中部區域各調適方案效益估算表

調適方案 編號	調適方案名稱	供水量或調度量 (萬立方公尺/日)	單位用水產值 (元/噸)	年計效益 (億元/年)
1	台中海水淡化廠	9	52.2	17.1
2	福田污水處理廠污水再生利用	9	52.2	17.1
3	溪州人工湖(下水埔湖區)	5.1	52.2	9.7
4	彰化海水淡化廠	20	52.2	38.1
5	濁水溪河口堰	8.8	52.2	16.8
6	台中生活節水方案	14.27	52.2	27.2
7	雲林生活節水方案	4.15	52.2	7.9
8	台中地區自來水管線汰換	8.18	52.2	15.6
9	彰化地區自來水管線汰換	2.7	52.2	5.1
10	雲林地區自來水管線汰換	1.86	52.2	3.5

## 七、水資源調適策略路線圖訂定

調適策略路線圖可視為調適方案執行優先順序之建議及指引，水資源調適策略路線圖之訂定會受到調適策略各項方案之執行順序的影響，其中包含各方案之時間性、有效性、效益、環境衝擊，以及不確定性等因素。當面臨須多準則考量不同層面與特性之調適策略時，為了提供決策者快速搜尋與篩選之工具，並有具體可行決策之評斷依據，本計畫將採用多準則排序評估法(multicriteria ordering method)，將各方案依此評估法進行排序，再將其次序加總與比較，以作為調適方案執行優先順序之參考。

方案評估指標參考英國氣候衝擊綱領 (UK Climate Impacts Programme，簡稱UKCIP)調適精靈(Adaptation Wizard)之建議，擇其適當指標進行多準則排序評估。UKCIP調適精靈建議之評估指標有以下十項：(1)效用(Effectiveness)：調適方案是否可達到

預計目標；(2)效益(Efficiency)：經濟上是否會造成利益大於花費；(3)公平性(Equity)：調適方案不該對其他區域造成負面的影響；(4)彈性(Flexibility)：調適方案後續是否有增加或調整的空間；(5)永續性(Sustainability)：調適方案是否為永續方案，且是否可達到永續性目標；(6)實用性(Practical)：調適方案在不同時間尺度上是否可以被執行；(7)可行性(Legitimacy)：調適方案是否為法律或社會可接受；(8)即時性(Urgency)：調適方案多快可以被執行；(9)強健性(Robust)：在氣候變遷不確定性下，調適方案是否依然強健；(10)協同(Synergies/ coherence with other strategic objectives)：調適方案是否可以幫助其他方案達到目標。本計畫參考水利署「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」，採用效用(Effectiveness)、永續性(Sustainability)、可行性(Legitimacy)及即時性(Urgency)四項指標進行分析。

前述多準則排序評估法係指若決策問題有n項可行之調適方案 $A=\{A_i \mid i=1,2,\dots,n\}$ ，考慮的評估準則共m個，即 $C=\{C_j \mid j=1,2,\dots,m\}$ ，決策目的在決定調適方案執行優先順序。就每一評估準則 $C_j$ ，任意兩個方案 $A_i$ 與 $A_i'$ 之比較只有兩種情況，即 $A_i$ 優於 $A_i'$ 或 $A_i'$ 優於 $A_i$ ，成對比較較佳之計畫可得1分，較差之計畫則得0分，即 $S_j(i,i')$ 表在評估準則 $C_j$ 下，計畫 $A_i$ 與 $A_i'$ 比較後之得分，表示如下：

$$S_j = \begin{cases} 1, & \text{if } A_i \text{ 優於 } A_i' \\ 0, & \text{if } A_i' \text{ 優於 } A_i \end{cases}, \forall i, i'; i \neq i' \quad \text{式 7-1}$$

經由n項方案成對比較後，可得優劣成對比較矩陣 $S_j$ ，即：

$$S_j = [S_j(i, i')]_{n \times n}, \forall j \quad \text{式 7-2}$$

由於方案 $A_i$ 不與自己比較，因此矩陣 $S_j$ 對角線無數值，便於數字統計而填入0，因方案優劣比較在於統計優於其他計畫之次數，因此對角線填入0並不影響評估結果。

依據 $C_j$ 評估準則下 $n$ 項調適方案成對比較後，可計算 $A_i$ 計畫優於其他計畫之總次數，以 $RS_{ij}$ 表示此一總優勢次數，則：

$$RS_{ij} = \sum_{i=1}^n S_j(i, i'), \forall i, j \quad \text{式 7-3}$$

根據 $RS_{ij}$ 值之大小，即可排列於 $C_j$ 準則下之方案優先順序， $RS_{ij}$ 值越大表示方案越佳，應排序在前。

當計算出各方案優勢次數後，可能出現兩個或三個以上方案優勢次數相同情形，如上式，若兩方案有相同之得分，則可直接判斷兩者之優先順序，若三個以上之方案得分相同，此時需在針對這幾個方案建立優劣比較之次矩陣(sub-matrix)，統計其優勢次數，再據以排列這些計畫之優先順序。若有 $n'$ 項計畫的總優勢次數相同，則此 $n'$ 項計畫在 $C_j$ 評估準則下優劣成對比較矩陣表示如下：

$$S_j^b = [S_j(i, i')]_{n' \times n'}, i, i' \in A' \quad \text{式 7-4}$$

其中 $A' = \{A_i | i=1, 2, \dots, n'\}$

根據成對比較矩陣，可計算 $A_i$ 計畫優於其他計畫的次優勢次數，即：

$$RS_{ij}^b = \sum_{i=1}^{n'} S_j(i, i'), i, i' \in A' \quad \text{式 7-5}$$

依據 $RS$ 值的大小，可再進一步對 $n'$ 項方案優先順序進行排序，排序方式同總優勢次數排序方法。最後，根據 $m$ 個評估準則下的 $n$ 個方案排序，可利用排序合法(ranking summation method)，即將各方案於各準則下之排序名次加總比較，以求於 $n$ 項方案之總排序(overall ranks)。各分析結果說明如下

1. 台中地區生活及工業用水調適方案多準則評估分析  
台中地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣與多準則評估排序結果詳見表7-8及表7-9。就效用而言，台中生活節水方案最佳，其次為台中海水淡化廠及福田污水處理廠污水再生利用，最後為台中地區自來水管線汰換。就永續性而言，福田污水處理廠污水再生利用、台中地區自來水管線汰換及台中生活節水方案皆為降低需求量之策略，對於環境與水資源發展之永續性較佳，海水淡化廠則較低。就可行性而言，自來水管線汰換台水公司現已積極推動，故可行性最高，生活節水與福田污水處理廠污水再生利用次之，海水淡化廠為最低。就即時性而言，台中海水淡化廠及福田污水處理廠污水再生利用工期最短(約四年)，其次為台中自來水管線汰換，最慢為台中生活節水。根據前述進行成對矩陣比較，即將調適方案就各評估指標特性兩兩比較，較佳者得1分，並計算各調適方案各指標下之總得分，分析結果詳見表7-9，結果顯示福田污水處理廠污水再生利用、台中生活節水方案、台中自來水管線汰換之總得分皆為5分，為優先執行之調適策略。

## 2. 彰化地區生活及工業用水調適方案多準則評估分析

彰化地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣與多準則評估排序結果詳見表7-10及表7-11。就效用而言，彰化海水淡化廠最佳，其次為溪州人工湖，再其次為濁水溪河口堰，最後為彰化地區自來水管線汰換。就永續性而言，彰化自來水管線汰換為最佳，其次為彰化海水淡化廠，再其次為溪州人工湖，最後為濁水溪河口堰。就可行性而言，彰化自來水管線汰換為最佳，其次為彰化海水淡化廠，

再其次為溪州人工湖，最後為濁水溪河口堰。就即時性而言，濁水溪河口堰工期最短，其次為彰化海水淡化廠及溪州人工湖，最後為彰化自來水管線汰換。根據前述進行成對矩陣比較，即將調適方案就各評估指標特性兩兩比較，較佳者得1分，並計算各調適方案各指標下之總得分，分析結果詳見表7-11，結果顯示彰化海水淡化廠總得分最高，為最優先執行之調適策略，彰化自來水管線汰換次之，溪州人工湖再次之，濁水溪河口堰為最後。

3. 雲林地區生活及工業用水調適方案多準則評估分析  
雲林地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣與多準則評估排序結果詳見表7-12及表7-13。就效用而言，雲林生活節水方案最佳，雲林自來水管線汰換次之。就永續性而言，雲林自來水管線汰換及雲林生活節水方案皆為降低需求量之策略，對於環境與水資源發展之永續性皆佳。就可行性而言，自來水管線汰換台水公司現已積極推動，故可行性最高，生活節水次之。就即時性而言，雲林自來水管線汰換最快，雲林生活節水次之。根據前述進行成對矩陣比較，即將調適方案就各評估指標特性兩兩比較，較佳者得1分，並計算各調適方案各指標下之總得分，分析結果詳見表7-13，結果顯示雲林自來水管線汰換為優先執行，雲林生活節水次之。

表 7-8 台中地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣表

評估指標	比較矩陣	得分				
		台中海水淡化廠	福田再生水廠	生活節水方案	自來水管線汰換	總和
效用	台中海水淡化廠	X	0	0	1	1
	福田再生水廠	0	X	0	1	1
	生活節水方案	1	1	X	1	3
	自來水管線汰換	0	0	0	X	0
永續性	台中海水淡化廠	X	0	0	0	0
	福田再生水廠	1	X	0	0	1
	生活節水方案	1	0	X	0	1
	自來水管線汰換	1	0	0	X	1
可行性	台中海水淡化廠	X	0	0	0	0
	福田再生水廠	1	X	0	0	1
	生活節水方案	1	0	X	0	1
	自來水管線汰換	1	1	1	X	3
即時性	台中海水淡化廠	X	0	1	1	2
	福田再生水廠	0	X	1	1	2
	生活節水方案	0	0	X	0	0
	自來水管線汰換	0	0	1	X	1

表 7-9 台中地區生活及工業用水調適方案之多準則評估排序

調適方案	效用	永續性	可行性	即時性	總分
台中海水淡化廠	1	0	0	2	3
福田再生水廠	1	1	1	2	5
生活節水方案	3	1	1	0	5
自來水管線汰換	0	1	3	1	5

**表 7-10 彰化地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣表**

評估指標	比較矩陣	得分				
		溪州人工湖	彰化海水淡化廠	濁水溪河口堰	自來水管線汰換	總和
效用	溪州人工湖	X	0	1	1	2
	彰化海水淡化廠	1	X	1	1	3
	濁水溪河口堰	0	0	X	1	1
	自來水管線汰換	0	0	0	X	0
永續性	溪州人工湖	X	0	1	0	1
	彰化海水淡化廠	1	X	1	0	2
	濁水溪河口堰	0	0	X	0	0
	自來水管線汰換	1	1	1	X	3
可行性	溪州人工湖	X	0	1	0	1
	彰化海水淡化廠	1	X	1	0	2
	濁水溪河口堰	0	0	X	0	0
	自來水管線汰換	1	1	1	X	3
即時性	溪州人工湖	X	0	0	1	1
	彰化海水淡化廠	0	X	0	1	1
	濁水溪河口堰	1	1	X	1	3
	自來水管線汰換	0	0	0	X	0

**表 7-11 彰化地區生活及工業用水調適方案之多準則評估排序**

調適方案	效用	永續性	可行性	即時性	總分
溪州人工湖	2	1	1	1	5
彰化海水淡化廠	3	2	2	1	8
濁水溪河口堰	1	0	0	3	4
自來水管線汰換	0	3	3	0	6

**表 7-12 雲林地區生活及工業用水調適方案之成對比較矩陣表**

評估指標	比較矩陣	得分		
		雲林生活節水方案	自來水管線汰換	總和
效用	雲林生活節水方案	X	1	1
	自來水管線汰換	0	X	0
永續性	雲林生活節水方案	X	0	0
	自來水管線汰換	0	X	0
可行性	雲林生活節水方案	X	0	0
	自來水管線汰換	1	X	1
即時性	雲林生活節水方案	X	0	0
	自來水管線汰換	1	X	1

**表 7-13 雲林地區生活及工業用水調適方案之多準則評估排序**

調適方案	效用	永續性	可行性	即時性	總分
雲林生活節水方案	1	0	0	0	1
雲林地區自來水管線汰換	0	0	1	1	2

## 八、調適策略組合建議

苗栗地區與南投地區，在天花湖水庫與烏嘴潭人工湖經理基本計畫完工後，已足以供應目標年需求量，足以應付氣候變遷造成之缺口，不需再研擬調適計畫因應。

台中地區A1B情境最大供需缺口總量達每日23.26萬立方公尺，根據多準則評估分析結果，建議優先執行之調適方案有福田污水處理廠污水再生利用、台中生活節水方案、台中自來水管線汰換，各方案之增供水量(或節省水量)分別為每日9萬立方公尺、每日14.27萬立方公尺及每日8.18萬立方公尺，故為滿足台中地區之供需缺口總量，建議之調適策略組合為採用福田污水處理廠污水再生利用及台中生活節水方案。若考量需滿足A2情境最大供需缺口(每日29.43萬立方公尺)，則建議之調適策略組合為採用福田

污水處理廠污水再生利用、台中生活節水方案及台中生活節水方案。

彰化地區A1B情境最大供需缺口總量達每日10.99萬立方公尺，根據多準則評估分析結果，調適方案優先執行順序分別為彰化海水淡化廠、彰化自來水管線汰換、溪州人工湖及濁水溪河口堰，各方案之增供水量(或節省水量)分別為每日20萬立方公尺、每日2.7萬立方公尺、每日5.1萬立方公尺及每日8.8萬立方公尺，故為滿足彰化地區之供需缺口總量，建議之調適策略為採用彰化海水淡化廠。若考量需滿足A2情境最大供需缺口(每日16.64萬立方公尺)，彰化海水淡化廠仍足以滿足其供需缺口。

雲林地區A1B情境最大供需缺口總量為每日5.03萬立方公尺，根據多準則評估分析結果，調適方案優先執行順序分別為雲林自來水管線汰換及雲林生活節水，各方案之增供水量(或節省水量)分別為每日1.86萬立方公尺及每日4.15萬立方公尺，故為滿足台中地區之供需缺口總量，建議之調適策略組合為採用雲林自來水管線汰換及雲林生活節水。若考量需滿足A2情境最大供需缺口(每日14.79萬立方公尺)，雲林自來水管線汰換及雲林生活節水已無法滿足其供需缺口，需透過其它調適策略(如跨區支援或地下水抽用等)來因應之。

## 九、水資源調適策略檢核機制

因氣候變遷具有高度不確定性，調適方案亦難以從初始建立後，就確定其可達到決策團隊訂立之目標，因此方案執行過程中亦須定期檢核調適方案是否有發揮效用，執行過程亦需時時蒐集最新資料，依分析結果，判斷是否需要修正或增加新的調適方案。

本計畫針對調適策略檢核機制與方案檢討依時間建議採滾動式之方式修正，如圖7-2。方案優先順序評估過程中，部分準則屬定性之比較，需仰賴決策團隊專業客觀判斷，因此專業決策團隊之建立在氣候變遷調適議題具有不確定性之背景下更顯重要，UKCIP亦不斷強調其為正確調適策略建立之根本。而亦因氣候變遷之不確定性，調適策略或方案之定期檢核亦為重點。



圖7-2 中部水資源分區調適方案檢核機制及方案修正流程

## 十、因應情境改變之調適方案檢討

氣候變遷調適方案幾乎無法期待其於初始建立後，可不需任何修正或調整，即可輔助決策者達到目標，因此中部區域水資源分區調適方案執行後，可依前述之檢核機制來檢討所訂定之方案，並透過資料的更新及監測的實施，來評估調適方案是否需要調整或是否需要新增合宜調適方案。

## 參考文獻

1. 劉業主，國立成功大學水利及海洋工程系，1993，「水庫最佳供水之缺水風險分析」。
2. 經濟部水利署，2000，「台灣地區地下水補注量估計」。
3. 經濟部水利處中區水資源局，2000，「鯉魚潭水庫與石岡壩水源運用檢討報告」。
4. 經濟部水利署，2004，「灣地區水資源總量管制機制規劃」。
5. 巨廷工程顧問公司，2005，「多元化水資源經營管理方案」。
6. 行政院國家科學委員會，2005，「水庫供水機能檢討評估與改善對策—以石門水庫為例—區域及跨區供水調度可行性之評估」。
7. 王世為，臺灣大學生物生物環境系統工程學系碩士論文，2006，「永續性水質管理系統受氣候變遷影響之脆弱度評估」。
8. 經濟部水利署，2006，「新世紀水資源政策綱領」。
9. 經濟部水利署，2006，「多元化水源開發策略研究-以桃竹地區為例」。
10. 經濟部水利署，2006，「區域水資源永續利用之策略模擬與分析（II）」。
11. 經濟部水利署中區水資源局，2006，「中區水資源永續經營管理策略規劃」。
12. 經濟部水利署中區水資源局，2006，「大甲溪水源運用規劃」。
13. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2006，「水源及供水系統檢討暨調查規劃」。
14. 經濟部水利署，2007，「水資源政策風險管理機制之研究」。
15. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2007，「台北板新地區供水系統聯合供水管網分析」。

16. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2007，「翡翠及石門水庫共同用水調度機制規劃」。
17. 行政院經濟建設委員會，2008，「氣候變遷長期影響評估及因應策略研議計畫」。
18. 經濟部水利署，2008，「2008~2012 積極推動節約用水計畫」。
19. 經濟部水利署，2008，「98~100 年省水器材推動與節水績效評估研究 (1/3)」。
20. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2008，「濁水溪水系現有水庫水資源聯合運用可行性評估(1)」。
21. 牛敏威，交通大學碩士論文，2009，「氣候變遷對台中地區缺水風險之影響評估」。
22. 郭彥廉、蕭代基、林彥伶、謝雯惠、張銘城，2009，「天然災害脆弱性與社經脆弱性因子之回顧」，災害防救電子報。
23. 經濟部水利署，2009，「臺灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」。
24. 經濟部水利署，2009，「台灣北部區域水資源經理基本計畫」。
25. 經濟部水利署，2009，「台灣地區水資源開發綱領計畫」。
26. 經濟部水利署，2009，「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」。
27. 經濟部水利署，2009，「98~100 年省水器材推動與節水績效評估研究 (2/3)」。
28. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2009，「北部區域供水系統聯合供水管理規劃總報告」。
29. Fan(樊慶鋅)等人，2009，哈爾濱工業大學學報 41 卷 2 期，「大慶地區水環境承载力計算分析與評價」。

30. 行政院國家科學委員會，2010，臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(2/3)成果報告。
31. 何智超，交通大學博士論文，2010，「氣候變遷下水資源長期調配與高濁度短期操作風險分析」。
32. 國家災害防救科技中心，2010，「台灣氣候變遷情境推估與資訊平台建置」。
33. 經濟部水利署，2010，「水利建設因應全球氣候變遷白皮書」。
34. 經濟部水利署中區水資源局，2010，「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃總報告」。
35. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2010，「強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力之研究(1/2)」。
36. 經濟部水利署，2011，「水資源暨自來水供水系統聯合調度管理系統建置探討」。
37. 經濟部水利署，2011，「因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究」。
38. 經濟部水利署，2011，「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」。
39. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2011，「強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力之研究(2/2)」。
40. 全國水利會網站，<http://doie.coa.gov.tw/about/about-water.asp>。
41. Mann H. B., 1945, Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
42. Holling C.S., 1978, "Resilience and Stability of Ecological Systems",
43. Kendall, M. G., 1975, Rank correlation measures. *Advances in Water Resources*, 23, 141-151.
44. Burton, I., Kates, R.W., White, G.F., 1978. *The Environment as*

Hazard.

45. Bhaskar NR, Whitlatch EE Jr, 1980, "Derivation of monthly reservoir release policies." *Water Resources Research*, 16(6), 987–993.
46. Pimm, 1984, *The Complexity and stability of Ecosystems*. *Nature*, vol. 307, pp. 321-326.
47. Wang, D., Adams, B.J., 1986, "Optimization of real-time reservoir operations with Markov decision processes." *Water Resources Research* 22, 345–352.
48. Gilbert, R. O., 1987, *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 320 pp
49. Pereira, M.V.F., Pinto, L.M.V.G., 1991, "Multi-stage stochastic optimization applied to energy planning." *Mathematical Programming* 52, 359–375.
50. Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis, and B. Wisner, 1994, "At Risk: Natural Hazards." *People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London
51. Cutter, S. L., 1996, *Vulnerability to Environmental Hazards*, *Progress in Human Geography*, 20(4), pp. 529-539.
52. Oliveira R, Loucks DP, 1997, "Operating rules for multireservoir systems", *Water Resources Research*, 33(4), 839–852.
53. Sharif M, Wardlaw R, 2000, "Multireservoir systems optimization using genetic algorithms: case study", *Journal of Computing in Civil Engineering*, 14(4), 255–263.

54. Sutherst, R.W., G.F. Maywald, and B. Russell, L. 2000.  
"Estimating Vulnerability under Global Change: Modular  
Modelling of Pests." *Agriculture Ecosystems & Environment*  
82:303-319.
55. Cutter, S. L., 2003, *The Vulnerability of Science and the Science of  
Vulnerability*, *Annals of the Association of American Geographers*,  
93(1), pp. 1-12.
56. Oxford University Press, New York. Pelling, M. (2003) *The  
Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*,  
Earthscan, London
57. Adger, W. N., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew and S.  
Eriksen ,2004, "New indicators of vulnerability and adaptive  
capacity." Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change  
Research.
58. Labadie, J.W., 2004, "Optimal operation of multireservoir systems:  
State-of-the-art review." *Journal of Water Resources Planning and  
Management-ASCE*, 130 (2), 93–111.
59. Schneiderbauer, S., and Ehrlich, D., 2004. *Risk, hazard and  
people's vulnerability to natural hazards. A review of definitions,  
concepts and data: Joint Research Centre, European Commission.*
60. Ahmed JA, Sarma AK, 2005, "Genetic algorithm for optimal  
operating policy of a multipurpose reservoir." *Water Resources  
Management*, 19(2), 145–161.
61. Schmidt-Thomé, P., 2005. *The Spatial Effects and Management of  
Natural and Technological Hazards in Europe*, Final Report of the  
European Spatial Planning and Observation Network (ESPON)  
project 1.3.1, Geological Survey of Finland, 82-95.

62. Li YP, Huang GH, Nie SL, 2006, “An interval-parameter multi-stage stochastic programming model for water resources management under uncertainty.” *Advances in Water Resources* 29(5):776-789.
63. Chen L, Chang FJ, 2007, “Applying a real-coded multi-population genetic algorithm to multireservoir operation.” *Hydrological Process*, 21(5), 688–698.
64. Cutter, S.L. and C. Finch, 2008, “Temporal and Spatial Changes in Social Vulnerability to Natural Hazards.” *Proceeding of the National Academy Science, USA* 105, 2301-2306.
65. Feng, L. H., X.C. Zhang and G.Y. Luo., 2008, “Application of System Dynamics in Analyzing the Carrying Capacity of Water Resources in Yiwu City, China.” *Mathematics and Computers in Simulation* 79:269-278.
66. Feng, L.H., C.F. Huang, 2008, *A Risk Assessment Model of Water Shortage Based on Information Diffusion Technology and its Application in Analyzing Carrying Capacity of Water Resources, Water Resources Management, Vol.22, pp.621-633.*
67. IPCC Technical Paper VI, 2008, *Climate Change and Water.*
68. Lu, H.W., Huang, G.H., Zeng, G.M., et al., 2008, “An inexact two-stage fuzzy stochastic programming model for water resources management.” *Water Resources Management* 22 (8), 991–1016.
69. Sun, G., Steven G. McNulty, Jennifer A. Moore Myers, and Erika C. Cohen, 2008, “Impacts of Multiple Stresses on Water Demand and Supply across the Southeastern United States.” *Journal of the American Water Resources Association* 44(6): 1441-1457.

70. Fan Qing-xin, Y. M., Xu Dong-chuan, Ren Nan-qi. ,2009, “Computing analysis and evaluation of water environment carry capacity in Daqing area.” Journal of Harbn Nstitute of Technology 41(2).
71. Lu, H.W., Huang, G.H., He, L. , 2009, “A SIA-based inexact two-stage stochastic fuzzy linear programming approach for water resources management.” Engineering Optimization 41 (1), 73–85.
72. Yang CC, Chang LC, Chen CS, Yeh MS, 2009, “Multi-Objective Planning for Conjunctive Use of Surface and Subsurface Water Using Genetic Algorithm and Dynamics Programming.” Water Resources Management, 23(3),417-437.
73. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2010, adapting to climate change : a planning guide for state coastal managers.

## 附錄一 歷次審查會議審查意見及處理情形

**「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」委託專業服務建議書審查會議審查意見及處理情形(1/3)**

開會時間：101 年 3 月 15 日上午 9 時 30 分整

開會地點：本所霧峰辦公區 A 棟 4 樓會議室

主持人：廖副所長培明

記錄：顏世偉

與會人員綜合意見回覆：

審查意見		處理情形
委員一		
1.	地下水潛能量之評估方式請補充說明（如台中盆地、新竹盆地等）	請詳見第三章第三節說明。
2.	本案是否擬考慮辦理教育訓練，請補充說明。	將配合主辦單位要求進行辦理。
委員二		
1.	水資源分區因應氣候變遷水資源管理與調適，過去幾年水利署和相關單位已有不少之分區研究案，建議收集相關資訊，評估完成而且可用之方案與潛在之問題以整合各方之研究成果（例如台大生物環境工程系也做了許多相關計畫）。	後續將持續收集相關文獻資料，以作為本計畫之參考。
2.	氣候變遷情境為何？不直接採用已降尺度產生之高解析資料，而需自行再從全球模式進行簡易降尺度？	目前已有許多文獻針對氣候降尺度進行分析，但以 NCDR 之分析結果較有公信力，且為配合南部地區、北部地區及東部地區之分析一致性，故本計畫將採用 NCDR 分析結果，並配合氣候繁衍模式，進行簡易降尺度分析。
3.	土地利用之實際情況遠比僅區分靜止水體，水稻田與不透水區域複雜，如何引用更具代表性與即時性之土地利用現況資料評估與考慮未來變動情境是一必須考量之問題。	本計畫地下水推估以現況土地利用情況進行分類，但不納入土地變遷之考量。
4.	水環境中之降雨量是最重要之基本資訊，如何應用測站結合其它遙測雨量估計以產生合理且有代表性之降雨分布與變動資料對下游之評估非常重要，宜仔細規劃。	本計畫目的為探討氣候變遷對於水資源長期調配之影響，然遙測雨量估計是用來進行即時操作，通常應用於防洪操作，故不在本計畫考量範圍內。

**「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」委託專業服務建議書審查會議審查意見及處理情形(2/3)**

審查意見	處理情形	
<b>委員三</b>		
1.	<p>本計畫概以 NCDR 情境為降尺度後降水分布為主要模擬依據，然在計畫表中未有詳細說明。另 IPCC 情境為 NCDR 個案，其產生空間解析度為 25km，若對於中部區域，所以指鄉鎮範圍時，在尺度不貫對稱下，最終所獲結果其信賴度或敏感度分析宜納入評估。</p>	<p>氣候變遷情境說明與 NCDR 情境說明請詳見第四章第一節。另外雖然雨量資料是以空間解析度 25km，但透過降雨逕流分析與水資源調配分析以分析鄉鎮尺度之缺水潛勢分析。</p>
2.	<p>承上，可另尋國內外在區域氣候模擬輸出之較細尺度之資料之可能性。</p>	<p>目前已有許多文獻針對氣候降尺度進行分析，但以 NCDR 之分析結果較有公信力，且為配合南部地區、北部地區及東部地區之分析一致性，故本計畫將採用 NCDR 分析結果，並配合氣候繁衍模式，進行簡易降尺度分析。</p>
3.	<p>中部區域之農業用水估七成以上，則在所評估西元 2029~2039 年(民國 118~128 年)期間之土地利用變化(是否對應政府國土規劃?)，宜納入情境分析中。</p>	<p>感謝委員建議，自加入 WTO 後，稻米生產可能過剩，故農委會提出「水旱田利用調整後續計畫」，以休耕轉作獎勵方式降低稻米產量，故未來農業用水量以不成長為原則，故土地利用改變不納入本計畫討論。</p>
<b>委員四</b>		
1.	<p>服務費用 4 百多萬，如何提供等值的服務成果？請補充說明。</p>	<p>本計畫將針對中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪等六條重要河川，評估氣候變遷對各河川流量之影響，並針對苗栗、台中、彰化、南投及雲林等五個地區，建立水源調配系統與自來水管網系統，以分析各供水分區之缺水潛勢，各工作項目分析內容請詳見報告書。</p>
2.	<p>依所提服務建議資料，好像看不出來，可以對水資源調度因應策略有實際貢獻。請具體說明本服務案可幫助機關之處。</p>	<p>本計畫將分析中部區域現況之缺水風險潛勢，並根據分析結果，研擬相關調適策略，再透過多準則排序評估法，提出調適方案執行優先順序之參考。</p>

**「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」委託專業服務建議書審查會議審查意見及處理情形(3/3)**

審查意見		處理情形
<b>委員五</b>		
1.	採用 NCDR 降雨資料工作，會運用到怎樣的頻率(日降雨、旬降雨...?) 資料? 會再作怎樣的運算處理? 前項降雨資料是否與水利署有關氣候變遷計畫案總計畫討論確定與其「基期」與「目標期」(氣候變遷影響前後) 設定一致?	NCDR 情境乃提供「溫度差值( $\Delta T_m$ )」及「降雨比值( $RP_m$ )」, 以作為簡易降尺度之重要參數, 需再透過本計畫建立之氣候繁衍模式, 以繁衍出日雨量資料。
2.	農業用水影響中, 休耕面積及其位置是否影響「稻田面積」作為標準?	土地變遷因素不納入本計畫考量, 故稻田面積採用行政院主計處最新資料, 後續休耕面積並不影響本計畫脆弱度評估。
3.	其他(無需回覆): P.3-5 倒數第三行「、回復力」-->「, 回復力」, P.3-8 最後一行:「m3」 「m3」, P.3-9: 倒數第 2 行:「生長期所短」	相關錯誤已於文中修訂。
<b>委員六</b>		
1.	簡易降尺度分析使用 NCDR 產生結果, 其空間解析度為 25km×25km, 因降尺度分析若用動力降尺度方法可使空間解析度達 5km×5km, 對水資源評估應會較精確。	目前已有許多文獻針對氣候降尺度進行分析, 但以 NCDR 之分析結果較有公信力, 且為配合南部地區、北部地區及東部地區之分析一致性, 故本計畫將採用 NCDR 分析結果, 並配合氣候繁衍模式, 進行簡易降尺度分析。
2.	水文因子情境分析, 如社經發展及氣候變遷的變化應仿 IPCC (2007) 有低、中及高不同情境, 考慮不同環保技術及政策。	本計畫已將不同情境之氣候變遷納入考量。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(1/19)**

壹、時間：民國 101 年 4 月 25 日(星期三)下午 2 時 0 分

貳、地點：本所彰化辦公區會議室

參、主持人：陳所長弘由

記錄：顏世偉

肆、審查委員意見及辦理情形

審查意見	處理情形
經建會 黃顧問金山	
1. 就題目"水資源管理與調適能力研究"其水資源的經理包括管理及開發二部分,如僅談管理並不屬於水規所業務,建議本案之研究希望產出什麼結果能提供水規所參考利用。	本計畫將研擬工程與非工程(如水價、水再生利用等)調適方案,評估方案排程之優先順序,分析結果可提供貴所決策之參考。詳細研擬方案將於期末報告中說明。
2. 情境的設定應先分析,採用哪幾種最合理而可能發生的先設定,假定的情境越多,工作量就越多。	本計畫氣候變遷情境設定將參考 IPCC 提供的情境資料,採用 A1B、A2 和 B1 進行分析。情境說明請詳見第肆章第一節。
3. 不同情境設定後,分別對洪水及水資源檢討及設定影響的程度,有無現況之 availability 比較。	本計畫將分析考量氣候變遷有無下對地表水潛能量、地表水供水能力及地下水影響,歷史水文條件下之分析結果請詳見第參章第三節,考量不同氣候情境下之分析結果請詳見第肆章第二節。
4. 程度決定後,應與各標的缺水忍耐度之分析,然後再與受影響後水資源之量做比較。	本計畫將分析氣候變遷造成的用水缺口,再根據用水缺口提出建議調適策略,氣候變遷造成的用水缺口分析請詳見第肆章第二節。
5. 調適策略分為現況的管控及未來之水資源開發,分別依各標的缺水忍耐度做比較。	本計畫 DPD 和 SI 分析結果,將依將各標的之缺水忍耐度進行分級並比較。危害度分級標準第伍章第三節。
6. 成本:不論水資源設施的增加或修復、管理上不同標的之調度或耕作制度之調整,均必要付出成本。	本計畫將蒐集分析相關調適策略之成本,以作為方案排程選定之參考指標之一。
7. 現況或未來任何策略均含有成本,以成本最低的選擇提出建議。	本計畫除考量成本外,另考慮效用、永續性、可行性、即時性等多目標,進行調適策略之排序。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(2/19)**

審查意見		處理情形
簡委員俊彥		
1.	本計畫工作重點在工作項目第五項(水資源強化策略)及工作項目第六項(水資源調適計畫)。調適策略需指明策略項目及工作方向，調適方案需有工作措施及量化目標、調適計畫需有計畫目標、工作期程及經費。	本計畫將參考國內外文獻，研擬水資源調適(強化)策略，並根據策略目標，提出可能採行之調適方案，後續水資源調適計畫分析，將針對台灣中部區域水資源經理基本計畫等已有初步規劃資料者進行定量分析，其它無初步規劃之調適計畫則進行定性分析。
2.	為獲得上述成果，不能完全依賴模式分析，因成果不確定性很大，但應根據模式分析掌握課題，再依據實際氣候變遷的缺水影響，參照水利署(水源組)及中區水資源局的實務措施構想而擬定行動方案及計畫。為順利獲得成果，本計畫工作團隊應與水規所、水利署(水源組)及中區水資源局舉辦工作會議，以利取得共識。	本團隊將密切與貴所討論調適方案研擬方向，以期取得共識。
3.	氣候變遷異常情況下所需的調適策略及方案，應與常態情況下的水資源管理開發策略及方案有所區隔。有效因應氣候變遷的調適策略需以紮實的現況改善為基礎。	本計畫將參考國內外文獻，研擬水資源調適(強化)策略，並根據策略目標，提出可能採行之調適方案(含既有規劃與新提出方案)，國內外文獻說明請詳見第貳章第二節。後續水資源調適計畫分析，將針對台灣中部區域水資源經理基本計畫等已有初步規劃資料者進行定量分析，其它無初步規劃之調適計畫則進行定性分析。
4.	現階段最重要的，是經由模式分析來推估西元2030年(民國119年)台灣中部區域因氣候變遷衝擊的缺水分佈圖，供行政單位參考。	本計畫將分析西元2020~2039年(民國109~128年)之氣候條件對台灣中部區域之缺水影響，氣候變遷對水資源之衝擊分析詳見第肆章第二節。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(3/19)**

審查意見		處理情形
5.	表 6-1 及表 6-2 的工作內容都不夠具體。表 6-1 因應策略缺乏措施的方向性；表 6-2 的方案，缺乏量化目標。	調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。
6.	第柒章調適計畫缺乏具體計畫量化目標及實施時程，計畫實施的階段性目標也不清楚。	調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。後續水資源調適計畫分析，將針對已有初步規劃資料者進行定量分析，其它無初步規劃之調適計畫則進行定性分析，選用之調適計畫量化目標及實施時程將於期末報告提出。
7.	明年的研究計畫，建議新增因應異常氣候現有水利設施提升耐受度的調查研究。	本計畫屬於為單年度計畫，建議水利設施提升耐受度調查研究可另案成立進行探討。
<b>吳顧問憲雄</b>		
1.	工作執行計畫書係承辦單位所提，並非水規所所提，故面請修正為承辦單位提報，且尚不宜使用經濟部水利署標誌。	封面格式將依水規所建議之格式辦理。
2.	計畫書書封表之執行機關為逢甲大學，但圖 8-1 之工作團隊為交通大學，請釐清。	相關錯誤已修訂。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(4/19)**

審查意見	處理情形
3.	依水利署之定位有關地區水資源之開發、運用、調度等之上位計畫為中部區域水資源經理基本計畫，本計畫為因應氣候變遷之調適，故應為經理基本計畫下之年度計畫，建議以經理基本計畫為基礎，作氣候變遷之變化，再規劃因應對策。
4.	對氣候變遷之因應，宜先評估因氣候變遷對供需情況與原規劃之經理基本計畫之推估值可能產生之差異，以供為因應對策之問題所在。
5.	P.3-4 工業用水應包括自來水系統供水加自行取水再加專管供應。
6.	關於農業用水之節約，應瞭解各水利會之灌溉管理制度，並應研析現行耕作方式及灌溉制度之合理性。
7.	工業用水之節約用水，目前均採輔導方式，成效有限，建議是否其他方式，包括高水價、法制化案之可行性。
8.	目前對枯早期之水源調配，均以水權量為基本分配母數，因此水權量之合理化係枯旱調配之基本，建議能有所研析。
9.	衝擊、變動、問題顯示，並評估完成脆弱度為風險分析後，建議能提出務實之對策因應機制，使水規所及水利署能據以防範因應及解決問題。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(5/19)**

審查意見	處理情形
10. 行政轄區與供水系統不盡相同，風險及脆弱之分析與行政轄區作分析單位，將有失真之可能，且供水系統間目前已大都建有互通互補之管線能力，宜應列入為評估因子。	本計畫風險分析將以供水分區進行分析，惟成果呈現時，將以各行政轄區(鄉鎮市區)呈現。此外本計畫亦會考量供水分區間之互相支援，故分析結果可作為決策之參考。
11. 所提內容似乎硬體建設投資，故所列調適方案所需費用估算，作何使用宜有說明。	調適方案所需費用估算將作為後續調適方案執行優先順序之評估指標之一。
中央大學大氣科學系 林教授沛練 (書面意見)	
1. 計畫書中有關氣候變遷情境資料處理流程應可再說明清楚，例如 IPCC 的 24 個 GCM 模式輸出與 NCDR 降尺度之 25 公里解析度資料，P.4-5 之簡易降尺度方法是針對甚麼資料，建議畫一張資料處理流程圖說明。	已補充方法說明，請詳見第肆章第一節。
2. 工作計畫書雖有補充不少參考資料，但對國內過去相關研究計畫成果之回顧仍太過簡略，另外參考資料(P.2-20, 2-21~2-24)所引用之文獻，大約有超過一半或更多資料未在計畫書後之參考文獻中列出應仔細檢視修正。	已於第壹章第五節補充前期研究成果，漏列之文獻已於參考文獻補充。
中央大學大氣科學系 林教授能暉 (書面意見)	
1. 對於本人在評審所提意見，已有適度回應與說明。	感謝委員認可。
2. 建議未來執行計畫時，可適時與其他區成果進行比較說明，尤其在區域交界處。	未來各區成果之整理將由「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」計畫進行統整。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(6/19)**

審查意見	處理情形
林委員連山 (書面意見)	
1. 本計畫主要與大氣環流模式(GCMs)預測未來氣候變化,由於屬於預測範疇,因此只可做為區域供水定性變化之參考。	目前世界許多國已各自發展大氣環流模式(GCM),分析結果確實有些許不同,顯示未來氣候預測確存有不確定性,故為考量其不確定性,本計畫將針對各 GCM 成果之特性(以豐、枯水期雨量變化分為四個象限),選取 3 個 GCM 模式進行分析,以增加本計畫分析結果的可靠度。GCM 選取原則請詳見第肆章第一節。
2. 氣候變遷後模式演繹結果所呈現的降雨與逕流豐枯變化情況,應較諸氣候未有變遷之情境呈現豐枯變化更為激烈的情況,因此,類如水庫等調蓄設施如何予以加強並增加容量乃顯得重要。	蓄水建造物更新及改善將納入本計畫考量。
3. 依據目前台灣所採行之抗旱期間供水調度相關規定,並非依人口密度多寡或工業產值大小作為供水與否之依據,而是採分區供水及要求節約用水因應,因此本計畫風險地圖中有關脆弱度之計算,生活用水採人口密度、工業用水採工業產值來計算之合宜性乃值得再檢討。	人口密度及工業產值屬於風險分析中之脆弱度指標,而供水調配之影響將反映在風險分析中之危害度指標上,故區域之缺水風險是由危害度與脆弱度綜合考量下計算而得。
4. 有關調適方案之多元開發中,湖山水庫及烏嘴潭人工湖完成後,可以替代並解決現況抽用地下水作為生活用水並可能導致地層下陷之窘境。建議積極予以評估。	湖山水庫因已奉院核定,故已納入中部供水系統,另烏嘴潭人工湖將納入本計畫考量。相關調適方案研擬請詳見第陸章。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(7/19)**

審查意見	處理情形
5. 另台中地區由於 921 地震導致自來水管線漏水率增加明顯，因此汰換管線亦屬積極作為之重要事項。	管線汰換將納入本計畫考量。相關調適方案研擬請詳見第陸章。
國家災害防救科技中心 陳助理研究員韻如	
1. 報告書中多處錯字與格式有誤，建議修正。如 P.1-1 計「畫」，P.2-15 漲「沖」，P.2-21 之「想」對誤差，P.3-22 格式等、執行機關單位錯誤。	相關謬誤已於文中修正。
2. 台中縣上游的雨量站不足，如何搭配流量站進行分析模擬。另濁水河流域只分析霧社水庫上游流量推到下游集集攔河堰的流量是否會準確與合理。(圖 2-1 與圖 2-2 圖 2-5) 附錄中列出研究區內所有雨量與流量站，建議將欲採用的測站列出，以瞭解可利用的測站。	本計畫雨量站與流量站選用將參考前期計畫報告選定，詳見第貳章第一節。另外霧社水庫至下游集集攔河堰間之側流量將納入本計畫考量，研究區域內之雨量與流量測站選定列表詳見第貳章第一節。
3. P.2-20 頁中所列之相關文獻都未列在參考文獻中，建議補正。	已於參考文獻中補列漏缺之文獻。
4. P.4-1 文中提及氣候繁衍方法未於文中說明，建議納入文章中，以利瞭解如何評估。	氣候繁衍方法已補充於第肆章第一節。
5. P.4-5 NCDR 機關名稱為國家災害防救科技中心，請修正。表 4-1 中並未列出 24 GCM 模式，且台灣地區網格點為 75 個，另 13 個點為福建地區建議修正。	相關內容已修訂於修訂稿表 4-1。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(8/19)**

審查意見	處理情形
6. 人口密度機率分佈係用 70%、50%、30%及 10%分五級是否合適，因 20%下的人口密度變化較大，如此的分級是否會看不出差異。	分析方法將配合「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」計畫辦理座談會進行討論，以期各分區分析方法之一致性。
7. P.5-9 風險矩陣中的定義是否以危「害」度或危「險」度，請確認之。	相關名詞已於文中統一採用危「害」度。
8. 報告中採用 GWLF 模式，簡報中卻採用 HBV，請說明兩者之優劣以及確定採用的模式。	經與其他分區計畫討論後，將採用 GWLF 模式進行後續分析。GWLF 模式說明請詳見第肆章第一節第 2 小節。
9. 脆弱度評估時有多項資料的單位為縣市的單位，如何轉換到鄉鎮尺度建議於文中說明。如 P.3-1 到 P.3-8 的資料。	行政院主計處已有提供鄉鎮尺度之人口資料、水稻面積及工業產值，其內容請詳見第伍章第一節。
<b>水利署綜合企劃組 林正工程司惠芬</b>	
1. 由於氣候變遷之氣象情境 NCDR 配合聯合國之研究仍逐年更新，為使水利署後續仍能自行更新，建議本計畫及另二項水資源計畫收集之基本資料，分析推估程式(模組化及使用手冊等)並移交並訓練水利署(水規所)人員。	本計畫將配合貴所需要進行教育訓練。
2. 未來水資源調配調適策略，請區分水利署既有已執行及因應氣候變遷須新增之策略。	調適策略與調適行動計畫已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(9/19)**

審查意見	處理情形
<p>3. 本年度氣候變遷調適研究下之 13 項子計畫，另有台大余化龍教授承辦之「氣候變遷下台灣地區地下水資源補助之影響評估」及成大游保杉教授承辦之「氣候變遷對中部區域水旱災災害防救衝擊評估及調適策略擬定(1/2)」與本計畫工作有相關性，建議與該二計畫交流是否有需互相搭配之處。請環興公司總管理計畫協助。</p>	<p>後續將與此兩個計畫互相交流配合。</p>
<p>4. 建議後續水規所召開之工作會議確認子計畫均須包括之工作項目(如回復力、效益評估、經費估算等)。</p>	<p>分析方法將配合「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」計畫辦理座談會進行討論，以期各分區分析方法之一致性。</p>
<p align="center"><b>水利署水源經營組 盧正工程司瑞興</b></p>	
<p>1. 基本資料蒐集與探討，建請後續就台灣中部區域水文環境、水源設施、各標的用水與供水...等相關特性增補文述。亦併蒐集農委會、工業局是否有因應氣候變遷影響農業、工業用水供應之農業、工業政策相關調適策略。</p>	<p>基本資料敘述詳見第貳章第一節，調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。</p>
<p>2. 本計畫後續各期會議，建議亦邀請農委會、台灣自來水公司及中區水資源局與會指導。</p>	<p>將配合貴所邀請相關單位與會指導。</p>
<p>3. 建請增補本計畫後續工作執行流程。</p>	<p>請詳見修訂稿第壹章第四節。</p>

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(10/19)**

審查意見	處理情形
4.	所引述「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」目前尚待修正後提報行政院核定，爰本計畫後續執行中，請不吝提供經理策略及方案相關建議供參。另 P.6-2~4 文述及表列計畫方案，建請於後續計畫執行中依各案最新辦理情形重新檢討，並提出因應氣候變遷合(調)適方案建議。
5.	現況流量模擬如何驗證？倘利用現有流量站紀錄驗證，建議或考量還原以人工取(放)水前之天然流量驗證之，以利比對檢討模擬氣候變遷對天然流量影響。
6.	風險地圖除以一個年度為研討期間分析建立外，建議並考量以豐、枯季分析建立之。
7.	風險地圖之危害度採用 DPD 指標為長期分析之統計指標，已隱含豐、枯年之概念。
8.	部分資料文述宜請再確認或更新，例如：P.2-1~2「南投地區...規劃烏嘴潭攔河堰及『湖山水庫』以供應日益增加之需求」，P.2-4、2-7「台灣地區水資源開發綱領計畫，經濟部水利署，2009」及表 2-2 興建中及規劃中水資源設施基本資料，P.3-2 表 3-1 及表 3-2、P.3-4~6 文述及表列相關數據資料更新至最新資料。
處理情形	調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。本計畫將配合「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新檢討後之核定版，納入本計畫研擬之調適方案進行分析。
處理情形	流量驗證將盡量選取無人工干擾之河段進行檢核或配合引水資料還原未取水前之流量進行驗證証。
處理情形	風險地圖之危害度採用 DPD 指標為長期分析之統計指標，已隱含豐、枯年之概念。
處理情形	南投地區之規劃方案已移除”湖山水庫”；興建中及規劃中水資源設施基本資料已於文中刪除；歷史生活用水量與工業用水量已更新至西元 2010 年(民國 99 年)資料，請詳見表 2-17 及表 2-18。
處理情形	自行取水量已改採用現況取水量，而非 30%。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(11/19)**

審查意見	處理情形
<p>9. P.6-5 表 6-4 中部區域備援水量需求推估表後續請依所定義備用水量需求(擇「因降雨異常水源供給減少量」、「生活與工業之節約用水目標量」二者之較大值)更新。</p>	<p>相關內容已於文章中移除，調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。另若「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新檢討後有所更動，納入本計畫研擬之調適方案進行分析。</p>
<p>10. 本工作執行計畫書封面內頁執行機關誤植為逢甲大學，請修正。</p>	<p>相關謬誤已於修訂稿中修訂。</p>
<p>環興科技顧問股份有限公司 陳組長谷榕</p>	
<p>1. 「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」(以下簡稱為「氣候變遷總計畫」)本年度已召開三次(02/24、03/28 以及 04/24)情境會議(會議紀錄詳附件一與附件二)，重要結論如下：</p> <p>1. 參考 GCM 推估結果(如圖 1-1 所示)，未來「較可能豐枯情境」為「豐水期雨量增加且枯水期雨量減少」(100 年度水利署採用的水文情境)。</p> <p>2. 但「全年少雨情境」和「全年多雨情境」發生的可能性亦不可忽視，建議適度考量上述兩項極端情境，作為調適策略規劃的參考。</p> <p>依上述結論，建議水資源主軸相關子計畫採用表 1-1 中編號(1)「較可能豐枯情境(25x25)」與編號(3)「全年少雨情境(25x25)」兩組情境進行模擬。</p>	<p>本計畫將參考該次會議結論，並經「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」計畫辦理座談會討論後，統一各分區之情境選定。</p>

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(12/19)**

審查意見	處理情形
本所水資源規劃課 蔡課長展銘 (書面意見)	
1. 本計畫主要工作既有水文因子情境、氣候變遷衝擊、脆弱及風險、調適策略及計畫等，惟尚只具方法論及工作流程等敘明，況且與本課另 2 案相關計畫之關聯性為何？	已補充整體工作流程圖，請詳見第壹章第四節，氣候變遷水資源衝擊分析結請詳見第肆章第二節。本計畫將由「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」計畫辦理座談會進行討論，以期各分區(北區及中區)分析方法之一致性。
2. 前揭水文因子情境應包括本署本(4)月 24 日召開水文情境工作會議之決議辦理(研究採 25×25km or 5×5km)	經該次會議結論，水資源分析建議採用 25km*25km 之解析度進行分析。
3. 本計畫第參章提及變動趨勢分析擬採 MWP、KW 進行檢定(P.3-8~3-11)，惟經查另案北區氣候變遷計畫內仍須以 MK 法進行後續分析，且 P.4-16 提及衝擊評估擬採回復力計算，均請敘明其目的及與其他相關計畫之區別。	經與其他分區計畫討論後，變動趨勢分析將採 MK、MWP、KW 進行檢定，氣候變遷對水資源設施之衝擊評估將以回復力指標進行評估。
4. 第伍章缺水潛勢分析內提及將進行 EPANET 管網分析(P.5-3)，惟本課(100)年業已有台灣全區管網分析成果，請參酌。另提及擬以 DPD(P.5-5)進行缺水評估，惟請增加 S.I.指數分析成果。	EPANET 相關設定分析將參酌貴所之相關報告。缺水潛勢分析將以 DPD 及 SI 指標呈現分析結果。
5. 歷次會議意見及處理編撰方式，報告及編撰方式及格式，均請依規定處理。	已依規定辦理。修改內容請附錄一~附錄 3。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(13/19)**

審查意見		處理情形
本所水資源規劃課 曾副研究員榮松		
1.	相關分析評估模式選用原則、假設、分析條件及選用基本資料期間等資料，請補充說明。	GCM 模式選用原則及採用情境詳見第肆章第一節，水源調配分析條件與模擬時間說明詳見第參章第三節。
2.	有關本所已辦理之北部淡水河流域及中部大安大甲溪流流域水資源管理調適能力研究、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，請列入第壹章之前期研究成果。	相關文獻已納入前期研究成果，請詳見修訂稿第壹章第五節。
3.	執行計畫書請依規定格式撰寫，如封面、壹章增補研究架構流程圖及前期研究成果、各重點工作分析步驟流程圖、預定進度表列示預定各期報告提出日期等資料。	工作流程圖與前期研究成果已補充於詳見修訂稿第壹章第四節及第五節。預定進度表亦已補列各報告預定提出日期，請詳見第捌章。
4.	人均用水量採 GDP 值推估、溫度變化推估及加入節水政策目標量，如何整合？請補充。	本計畫生活用水量推估將考量趨勢成長、GDP 修正量及溫度修正量，分析結果第參章第一節。
5.	水資源調適計畫應依缺水風險分析成果產製缺水風險地圖，再據以研擬及評估因應氣候變遷之水資源強化策略，有關水資源強化策略及訂定水資源調適方案等章節，請加強補充。	調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。
6.	降雨逕流模式(GWLF) 水源量、水資源調配模式(系統動力模型)與自來水管網分析之界面如何整合連結？請補充。	GWLF 為分析水工結構物之入流量，以作為水資源調配模式(系統動力模型)之輸入，另配合配合自來水管網分析(EPANET)計算各鄉鎮之不同缺水情況之分佈矩陣，以推估各供水分區缺水潛勢，其流程與說明請詳見修訂稿第伍章第二節。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(14/19)**

審查意見		處理情形
7.	請補充調適策略檢核機制及啟動時機或指標之研究方法。	將參與其他各分區計畫座談會進行討論，以統一各分區之檢核機制及啟動時機。待確認後，將於期末報告補充說明。
8.	P.7-2~7-3 調適方案之效益評估之直接效益為調適策略所需成本與其可增加之供水量、所增加之供水量(或節水量)的年直接效益、經濟淨現值與經濟益本比分析。所述效益評估以投入與產出關係分析，似為投資效益分析，是否合宜請再斟酌。	由於調適方案之效益評估不易以幣值量化，故建議調適方案之效益評估將以缺水風險的降低程度表示之。
本所水資源規劃課 顏助理研究員世偉		
1.	工作執行計畫書應有建議之期中報告書提送日，建議補充。本計畫與前期計畫之相關性及異同，建議能於第一章有所補充，並且摘述前期重要成果。	各期報告提送說明請詳見第捌章，前期研究成果請詳見第壹章第五節。
2.	本計畫執行團隊分屬不同學校，計畫行政、執行與溝通協調方面應在加強。報告書之成果彙整及編撰分工情況亦建議能有所改善。(本計畫執行單位應為「國立交通大學」)	已加強相關成果彙整及編撰分工，相關謬誤已於修訂稿中修訂。
3.	建議依本計畫工作內容提出整體工作流程，各分項工作內容則分別以流程圖方式呈現。	整體工作流程請詳見第壹章第四節，各分項工作流程請詳見各章節。
4.	報告書格式及採購評選會各委員意見之格式均請依本所規定辦理、研處及回覆仍有不妥之處，建議修正。	報告書格式及委員意見回覆已修正，請詳見附錄一~附錄三。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(15/19)**

審查意見	處理情形
5.	本計畫未來產出之調適策略及方案是否考量各區域之情況，而具有整體性、一致性原則，建議陳述清楚。此部分涉及各區域之成果彙整及未來宣導執行？建議加強說明。
分析方法將配合「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」計畫辦理座談會進行討論，以期各分區分析方法之一致性。其選定原則將於後續報告中補充說明。	
6.	本案成果如未來需納入執行，建議應與本署之供需圖結合，以利充實本計畫預計產出之路線圖。
本計畫將參考水利署供需圖，估算氣候變遷造成之用水缺口，並提出適當之調適計畫因應之。	
7.	本計畫衝擊評估方面含現況及目標年水源設施之供水潛能評估，進行水源運用時，相關參採之資料、公式、模式皆應有詳細之交代。
水源運用原則、模式理論說明及模式參採資料說明詳見第參章第三節。	
8.	本計畫有相當之篇幅摘自「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」(稿)，相關資料來源建議有所補充。
調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。相關來源資料亦於文中補充。	
9.	本計畫研議之調適方案是否包含政策性或跨部會性調適方案(如水價、自來水減漏、農業節水?)，建議以最新之政策內容進行分析。並考量如何落實執行？
調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。	
10.	本計畫預計以「氣候繁衍」、「GWLF」、「Vensim」等模式進行評估氣候變遷衝擊，各模式之假設、與預計參採資料等部分尚不明確，建議補充說明。
相關理論說明已補充於第參章第三節及第肆章第一節。	

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(16/19)**

審查意見	處理情形
11.	<p>本計畫與其他各分區研究計畫召開工作會議時，建議請邀請水利署委託之氣候變遷總管理計畫顧問公司。</p>
12.	<p>本計畫工作內容建議含有現況、既有規劃及實施調適方案之比較，其差別建議將已奉核定的方案納入現況(湖山水庫、大甲大安水資源聯合運用)，而天花湖水庫、鳥嘴潭人工湖、福田水再生利用...等，則納入既有規劃，而本案提出之新方案納入為調適方案分析，以供既有規劃方案推動及未來調適決策之參考。</p>
13.	<p>本計畫關於未來用水需求情境設定部分，將以 A2、A1B、B1 三種全球社經發展情境進行用水需求情境之推估，惟方法論僅陳述以人均 GDP 作為推估依據，但對於 A2、A1B、B1 三種情境如何對應人均 GDP、人均 GDP 如何對應用水需求等方法論卻無相關陳述，建議補充。</p>
14.	<p>本計畫預計分析各情境對地下水入滲量之影響，如何驗證？另外，如何從「地下水入滲量」轉換到「地下水穩定出水量」？相關方法論建議能補充。</p>

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(17/19)**

審查意見		處理情形
		能量小於地下水現況抽水量，則需降低目前地下水現況量，以此原則進行水源調配分析。
15.	P.3-23 頁，本計畫預計以 Vensim 進行地表水潛能量評估，如何模擬中部河川上游慣常水力發電、抽蓄水力發電之放水型態及大安大甲溪水資源聯合運用之水源調配策略？建議補充。另外，P.3-28 下游保留量擬採用每 100 平方公里 0.135cms，與多數案例不符，建議修正。	德基水庫之發電規則與大安大甲溪水資源聯合運用規則將納入本計畫考量，相關各水庫堰壩之操作規則請詳見第貳章第一節。生態基流量估算方式將參考前期報告決定之。
16.	本計畫書相關調適計畫預定於期末報告中提出，惟期中簡報已有衝擊評估成果出爐，為界定可能調適方案之範疇，建議期中報告書將評估調適方案清單納入，以利期中簡報審查與後續計畫執行。	調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。
17.	本案之降雨逕流模式採 GWLF，預計以查表對應逕流係數(CN)方式演算產出流量，其可靠性如何？建議本計畫比照南部案例將 HBV 模式納入分析，互相驗證分析方式。另外，GWLF 之演算精度是「日」尺度或者是「旬」尺度，建議能有所補充。中部區域部分河川流量站尚不完整，觀測流量推估式建議能於後續報告補充。本計畫所參採之雨量站與降尺度格點亦建議有所補充。(P.3-18 圖 3-8 只有雲、彰地區)	本計畫降雨逕流模式將採用日尺度進行分析，並選取適當之流量站作為降雨逕流模式參數檢定參考。河川流量推估參考前期報告，其說明詳見表 2-2。採用之流量站詳見第貳章第一節。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(18/19)**

審查意見		處理情形
18.	本報告內並未註明預計採用何種指標進行地表水潛能量評估，如採用非 S.I. (缺水指數)，則與現行執行面有差異，評估出來之供水潛能將在不同的基礎上進行比較，不利決策。	供水能力估算將以 SI=1 進行推估，危害度將採 DPD 指標進行分析。
19.	本計畫需求端及供給端皆須經串聯一系列的模型評估氣候變遷之影響，評估方法及結果之不確定性如何提供決策者參考？是否納入其他較可靠評估方式，以利後續決策？	為考量氣候條件之不確定性，本計畫在選取危害度指標時，將採用具有統計長期變化之缺水指標(DPD 指標)進行分析。
結論		
1.	本計畫期初簡報暨工作執行計畫書審查原則認可，請執行單位依各委員及與會代表意見修訂，並於 5 月 9 日前提送工作執行計畫書修訂稿乙式 3 份至所憑辦。	已於 5 月 9 日繳交工作執行計畫書修訂稿乙式 3 份。
2.	本計畫期中報告繳交時間訂為民國 101 年 7 月 23 日前提出。	已於 7 月 23 日繳交期中報告。
3.	GCM 模式選擇原則須能反應季節變化、年度變化及區域性差異並考量極端情況，建請童老師選取模式時能納入參考。	GCM 模式將由童慶彬老師統一選定原則後，交付各區辦理，本計畫將於各區綜合座談會時，將委員建議原則提供給童老師參考。
4.	請執行單位補充氣候變遷適應策略之國外文獻說明，並研提重要簡單對策以供後續策略擬定參考。	氣候變遷調適策略之國外文獻已補充於第貳章第二節。

**「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」期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形(19/19)**

審查意見	處理情形
5.	氣候變遷下之水資源強化策略之模擬分析需考量以下幾種情況(1)考量零方案，沒有其它調適策略下作用之影響(2)參考中部區域水資源經理計畫提出之方案，分析經理方案在氣候條件變遷下之影響。(3)若仍有供需缺口，則須提出其它調適策略。
6.	計畫研擬的調適策略須包含工程及非工程方法(如：水價、水再生利用、水權合理化...等)。可以參考「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」供需圖之方式進行策略研擬。
7.	本計畫之分析方法請與本年度北區與東區計畫一致。水資源供應能力除以 DPD 指標呈現外，亦請將缺水指數(S.I.)納入考量。
8.	林裕彬老師總計畫預定舉辦四場座談會，請本計畫執行單位亦派員共同參與。另外請參考本所水源課氣候變遷自辦計畫成果，以利形成共識。
9.	本計畫後續會議請邀請台灣自來水公司、農委會，本署中區水資源局共同參與。
	後續調適方案已依據此原則進行研擬訂定。調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，詳見第陸章。  調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，已包含工程及非工程方法，請詳見第陸章。  分析分法將與各分區計畫統一，供水能力估算將以 SI=1 進行推估，危害度將採 DPD 指標進行分析。  本計畫將派員參與討論，並與貴所密切配合。  將配合貴所邀請相關單位給予指導。

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(1/9)

壹、日期：民國 101 年 5 月 21 日(星期一)下午 2 時整

貳、地點：本所霧峰辦公區 B 棟 4 樓

參、主持人：陳所長弘由

記錄：李俊星

審查意見	處理情形
林顧問襟江	
1. 本案以中部地區大安溪與大甲溪水資源調適為案例，研究 IPCC 有關課題，因大安溪主供民生大甲溪主尖峰電力，另有濁水溪以基載抽蓄日月潭亦主供尖峰電力，調適方案之區域如擴大為三主流較能達成中部地區供水標的之調適策略。	中部水資源分區計畫已針對中部各地區(含三主流)之缺水情況，提出調適方案，內容說明請詳見”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”第七章。
2. 水資源之經營政策，近年來致力於以供定需(Demand Oriented)，供水面不能因需求要多少就給多少，應改為僅能給多少以調整經濟結構。有關 IPCC 因應以政策為依歸，因此無論節約用水、海淡或所謂新興水源及既有設施之功能，應在以供定需之原則下評估。	由於各水資源分區對於供需水量之風險來源並不相同，故關於以供訂需或以需定供之原則將由各水資源分區依照該區之風險特性因地制宜，發展其適合之主軸策略。
3. 情境之模擬，存有理論可行而執行困難之不確定性，模擬結果復因短期間與長期間，小區域與大區域，少數人與多數人等之利害衝突，其實施可能形成水之政治問題，應謀共識。	情境之模擬有其既有之不確定性，相關各水資源分區計畫依據一致之多組氣候變遷情境及 GCM 模式呈現該不確定性，並於結論與建議中討論未來趨勢變動之可能性。
謝顧問勝彥	
1. 計畫目標建請作較具體之說明。	相關各水資源分區計畫已依意見進行較具體之說明。

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(2/9)

審查意見	處理情形
2. 本計畫之方法論因系統甚為龐大，殊屬不易亦值肯定，惟按簡報分析之過程並無 LOOP，似意味著本研究為決定論，請再檢視是否如此。	謝謝委員肯定。各水資源分區計畫關於策略檢核機制與方案探討已有定期檢核之討論。
3. 情境資料來自模式之推估，惟模式之適宜性請再說明。	各水資源分區計畫均已針對模式之選用加以說明。
4. 各子計畫請按主計畫之方式建構方法論。	各水資源分區計畫方法論均已力求一致。
5. 氣候變遷有暖化及冷化兩種，不知本計畫研究之結果如何。	各水資源分區計畫均已針對模式之選用加以說明，本計畫之氣候變遷情境原則上採 A1B、A2 及 B1 三種情境加以呈現。
6. 脆弱度及風險分析與經濟面如何有更具體結合，未來可能對結果(研究)較易瞭解	各水資源分區計畫之風險分析已有具體結合，例如工業用水之脆弱度部分即以工業產值為準，公共用水之趨勢亦與 GDP 進行相關性分析與推估。
<b>林顧問連山</b>	
1. 在氣候變遷情境下，川流水可能豐越豐、枯越枯。因此，有關川流水在沒有蓄水設施攔蓄下，可能引致缺水情況更嚴重，而其敏感度可能涉及短期分析，建議宜以旬為分析之 interval。	各水資源分區計畫均已統一以短期距之分析結果進行流量之分析模擬。
2. 生活用水以 GDP 及溫度為未來需水推估之合宜性？建議仍應考量節水策略。	各水資源分區計畫依據目前已知之文獻，初步以 GDP 及溫度為未來需水之變因進行推估，未來如有研究顯示其他顯著之因素，可考慮在調適策略需進行更新時一併納入進行研究。節水策略則由各水資源分區計畫因地制宜、進行考量。

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(3/9)

審查意見	處理情形
<p>3. 有關各供水區之缺水分析建議只採用一種指數，而目前所使用之分析指數多為 SI 值，本計畫擬採用 DPD 則不宜違背目前評估趨勢，且全省所採用之指數值宜一致，以求公平。</p>	<p>各水資源分區計畫已統一採用 DPD 作為危害度之指標。目前所使用之 SI 指標亦同時程現、並分析其與 DPD 呈現結果趨勢之異同，以供參考。</p>
<p>4. 缺水風險=危害度×脆弱度，並以鄉鎮為基本單位，繪製缺水風險地圖之合宜性？</p>	<p>由於脆弱度之統計資料多以行政區為劃分，故可能包含多個行政區之危害度指數將依保守評估為原則(各鄉鎮由多個系統供水時考慮較大之缺水情況)與鄉鎮作連結。</p>
<p>5. 有關調適方案以節約用水、彈性調度、有效管理、多元開發作為調適策略，唯皆應基於“用水成本”作為主要的調適建議。</p>	<p>各水資源分區計畫均於可行方案之排序後進行方案之組合與成本概估。</p>
<p>台灣自來水公司 林組長清鑫</p>	
<p>1. 台灣地區適用於氣候變遷的合適尺度及情境能夠在計畫中說明。</p>	<p>各水資源分區計畫均已於計畫中說明情境資料於台灣地區(含離島)之適用性。</p>
<p>2. LPCD 定義請再說明。</p>	<p>各水資源分區計畫均已於計畫中說明 LPCD 之定義。</p>
<p>3. (三)DPD 定義，日缺水率如何計算及取得數據，是否只含公共給水，農業用水是否包含。</p>	<p>DPD 考量公共給水，農業用水之取水量亦包含於水資源調配系統中。</p>
<p>4. 以 EPANET 計算管網分析只適用於自來水系統，農業用水量如何計入。</p>	<p>農業用水以固定之取水量包含於水資源調配系統中進行考量。</p>
<p>5. 各情境組合訂定，以計畫提供之策略方案，是否就適當之方案以提供北、中、南及離島地區遵循之計畫。</p>	<p>各水資源分區計畫，將於綜整報告中統一結果之呈現方式。</p>

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(4/9)

審查意見	處理情形
台灣自來水公司 張工程師民崇	
1. 有關製作風險地圖所使用之缺水風險矩陣，生活用水之缺水風險矩陣為 5x3，工業或農業用水之缺水風險矩陣為 5x5，是否會產生敏感度差異？生活用水災害脆弱度分為 3 級改為 5 級是否較佳？	各水資源分區計畫均已改採 5 級之分級方式。
經濟部水利署 綜企組阮科長香蘭	
1. 調適策略的思考除考量未來需求變化從開源、節流、加強管理來滿足外，亦應考量區域可供水量總量管理及風險揭露之下，作為區域發展之管理規劃，即零方案或既有方案之下，管理用水者之需求於可供水量之方案。	各水資源分區計畫均已考慮零方案及既有方案下之供需缺口，並考量該結果進行可行方案之擬定。
2. P.38 加強辦理無自來水地區供水改善計畫似非氣候變遷之調適。	已修訂。
經濟部水利署 綜企組林正工程司惠芬	
1. 為使水資源三項計畫成果易於向其他水利同仁說明，請將各項指標代表之意義加以說明。如 5 個級等的風險各代表何意義，工業用水脆弱度分 5 級各代表何意義。	脆弱度為影響風險度之因素之一，已於文中說明。危害度意義之說明已於文中描述，而風險度則以定性之”沒問題”、”可接受”、”尚可接受”、”嚴重”、及”相當嚴重”為其評估標準。
2. 本研究之風險估算時，危害度採 DPD 原因為何？能否另以 SI 計算？	各水資源分區計畫已統一採用 DPD 作為危害度之指標。目前所使用之 SI 指標亦同時程現、並分析其與 DPD 呈現結果趨勢之異同，以供參考。

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(5/9)

審查意見	處理情形
經濟部水利署北區水資源局 王副局長國樑	
<p>1. 本計畫的執行時間相當有限，第一項工作建議應以方法論之建立為基礎下，參考目前本署或水規所已草擬完成之東部區域及離島地區之水資源基本計畫相關之策略內容進行探討較務實。</p>	<p>各水資源分區計畫均已參考各水資源分區之水資源經理基本計畫進行模式分析及方案擬定。</p>
<p>2. 台灣東部區域包括花蓮及台東等地區，目前除水力發電部分藉由河川上游之壩堰或調整池進行外，農業用水及公共給水大多依賴川流取水及抽取地下水利用，因缺乏水庫調蓄利用，未來受氣候變遷的影響頗大，又興建水庫不易，相關公共給水調適能力的檢討可能需偏重在節約用水、調度農業灌溉用水及地下水備援等加以進行；另台東地區包括綠島及蘭嶼兩個離島，其用水供需無法由本島供應，建議應分別加以探討較妥適。</p>	<p>東部水資源分區已依各項可用水源進行量化分析及調適方案之擬定。用水之缺口以各水資源分區之一致分析方式進行需求分析，在有缺水之情況下將因地制宜進行探討，不限於綠島及蘭嶼之供需分析。</p>
<p>3. 離島地區包括澎湖、金門、馬祖等，其一般水文相對台灣本島嚴峻，又地下水超抽容易導致嚴化現象，除節約用水外，新興水源如海淡及再生水的適時填補用水缺口相當重要；另離島地區之可運用水源分析以往皆採用缺水指數 0.3 條件下進行分析，並非簡報中言及之 1.0，請加以注意。</p>	<p>業已依委員意見修訂，離島採用 SI=0.3 估算供水能力。並將海淡等策略納入調適方案。</p>

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(6/9)

審查意見		處理情形
4.	<p>本計畫命題既然是因應氣候變遷水資源管理調適能力探討，在計畫的研究過程中應區分有無氣候變遷條件下加以呈現較妥適。另言及將採用 NCDR 及選擇 3~5 個 IPCC 提供之大氣環流模式，評估氣候變遷對於河川流量及各資源設施之衝擊等，未來在不同的環流模式可能產生成果的差異，如何進行整合？</p>	<p>各水資源分區計畫均已呈現有無氣候變遷條件下之供需成果。本計畫以 A1B 風險度最高之 GCM 模式進行策略擬定之基準，但仍將提供 A2、B1 情境下 5 個 GCM 模式所呈現之結果為參考，據以考量模式之不卻定性。</p>
5.	<p>本計畫採用系統動力模式（Vensim）來進行水資源供水系統，似乎本模式仍以旬演算來進行，在以川流水利用為主的東部區域是否適用？或許可以相進行前處理將日的資料整理成旬的資料後再進行，可能較務實。</p>	<p>本計畫東部地區模擬條件設定主要參考” 花蓮地區地面地下水聯合運用研究” 及” 台東地區地面地下水聯合運用研究” 報告，對於川流水取水者以旬流量進行模擬，水庫操作者以日流量進行模擬。</p>
6.	<p>本計畫除辦理東部區域及離島地區等第一項工作外，第二項工作將綜整評估及訂定台灣地區（含離島）氣候變遷下水資源管理調適能力，除南部已完成，其餘北、中部區域皆併行辦理，各計畫間橫向的協調及調適指標的訂定一致性應適時取得共識，並建立溝通協調平台密切加以商討建立共識。</p>	<p>各水資源分區計畫均已建立溝通協調平台並密切加以商討建立共識，各項指標除必須因地制宜部分外，均已力求其一致性。</p>

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(7/9)

審查意見		處理情形
7.	<p>相關氣候變遷調適策略的成本與效益分析是否包括外部效益的納入整體綜合評析？另各可能的水資源調適方案策略訂定，應注意相關方案的開發期程、定位及使用限制，如廢污水的再生利用目前考量水質風險，仍以不接觸人體之利用為限。</p>	<p>各水資源分區計畫將以水利事業單位之規劃為主要考量，進行供需缺口補足效用及成本改估之分析。可行方案之擬定將因地制宜進行初步篩選，並以多準則排序評估法進行優先方案之排序。排序時亦包含時效性及可行性之準則，可進行開發期程、定位及使用限制之考量。</p>
<p>經濟部水利署北區水資源局 蕭工程員軒梅、張工程員育仁</p>		
1.	<p>目前不考慮氣候環境對於工業用水的影響，然大型工業區於平均氣溫上升時空調用水需求量亦會上升(辦公區及廠房均需)，建議參考生活用水的方式，於工業用水中納入溫度修正項。</p>	<p>各水資源分區計畫考量空調用水以循環水佔較大比例，暫不考量工業用水與溫度間之相關性。</p>
2.	<p>請說明議題六建議(三)另案研提「行動計畫」和本研究將研訂的「調適計畫」有何差異。</p>	<p>“行動計畫”已統一稱為”調適方案”，”調適計畫”則為調適方案之組合分析與優先建議。</p>
3.	<p>請說明利用危害度和脆弱度繪製出的風險地圖深淺分析與策略方案的排序相關性，另風險地圖中是否考量現存備援系統，不同農作產值等因子。</p>	<p>各水資源分區計畫以風險地圖中等級超過3者為風險熱點，針對熱點因地制宜提出可行之調適方案並作多準則評估排序。備援系統之供水並非中長期用水供需所考量之供水量，不予考量但可提供備援方案之建議。農業用水脆弱度可考量之因素繁多，各水資源分區調適計畫將以水稻田面積為農業用水脆弱度之基準。</p>

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(8/9)

審查意見	處理情形
<p>4. 請教零方案是否已納入已核定及辦理中計畫？進入排序評估法進行排序的是否包含目前已提出或研擬中的計畫？是否將新擬訂調適計畫？另請說明調適方案將具體到什麼程度。</p>	<p>零方案即為現況已存在之方案，已核定及辦理中之未完成方案不屬於零方案之類別。已提出並將執行之方案亦包含於方案分析中，且於供需缺口未滿足目標時將研擬適當之調適方案。調適方案將具體到可量化分析供需之缺口。</p>
<p>5. 離島可運用水源分析建議納入海淡廠供水能力(馬祖東引地區於 100 年上半年雨量不足時，依湖庫蓄水量及供水成本彈性調整購水量)。</p>	<p>離島計畫遵照辦理。</p>
<p>經濟部水利署南區水資源局 謝正工程司 蒼明</p>	
<p>1. 生活用水情境設定以 GDP 及溫度為變因之未來需求推估與目前推動政策“節約用水”看似有不同之處。</p>	<p>節約用水為氣候變遷情境之需水量大於供水量時可採行之可行方案之一，與情境需水量之推估確實不同。</p>
<p>2. 檢定方法是否採 MWP 及 K-W 檢定法進行，亦或僅採 MWP。</p>	<p>K-W 檢定法亦為採行之檢定方法。</p>
<p>3. 地下水安全出水量，目前似有不同的看法如「合理出水量」。</p>	<p>為求一致性，各水資源分區計畫將以同一種地下水出水量之計算作為評估方式。</p>
<p>4. 調適方案策略訂定採經理基本計畫(節約用水、彈性調度、有效管理、多元開發)，本計畫係因應未來(民國 120 年)之預測，所以應該除經理基本計畫外，宜增多方案。</p>	<p>各水資源分區計畫均針對國內外文獻進行分析，以最可行之方式進行調適方案之擬定。</p>
<p>5. 可以“政策”改變作為策略，如調整農業政策改變，各用水分類之分際。</p>	<p>各計畫參考辦理。</p>

# 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

## 第 1 次座談會會議紀錄(9/9)

審查意見	處理情形
環興科技顧問股份有限公司 陳經理啓明	
1. 氣候變遷邊界建議釐清，例如考慮人口成長、經濟成長不考慮能源耗水量、地下水入侵、供水量、海水入侵、糧食供需改變之需水量、溫度上升之生態需水量提升及水質惡化、蒸發量上升等，建議以圖示及文字說明。	氣候變遷之衝擊將以溫度及雨量之情境資料為主，進行水資源之供需分析。
2. 地下水供水潛能推估，是否有用在動力模式計算水資源供給量，建議說明。	地下水供水潛能為可能之供應水量，在開發地下水井或加抽地下水之前並非實際可用於系統動力模式之供給量。
3. 建議利用 UKCIP 之 AW 時，加入計算分年效益評估，簡單的單位水量投資額與計畫目標水量，而且分年評估其效益，氣候變遷部分需水量，即可反應看出其發展期程可符合各年所需，建議加入並與署內溝通，確保計畫內容無誤。	各水資源分區計畫將以目標年之風險度及供需缺口進行調適方案進行評估。
4. 此計畫要做到各供水區的風險及策略成效非常不容易，且工作量甚鉅。計畫成果中整體分區(北、中、南、東)策略成效及各供水量(自來水供水區)風險不易呈現，建議再考量。	風險度之呈現將以供水系統供給之鄉鎮市區為單位進行危害度分析，結合原有脆弱度資料進行風險地圖分析及繪製。

# 「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」

## 第一次工作會議意見及處理情形

開會時間：民國 101 年 8 月 7 日(星期二)下午 2 時 30 分

開會地點：本所彰化辦公區會議室

主持人：曾副研究員榮松

記錄：顏世偉

審查意見	處理情形
<b>結論</b>	
1. 有關自來水系統及相關農田水利會等基本資料蒐集後，應有條理彙整呈現。	已重新彙整自來水公司及水利會之基本資料，詳見第貳章第一節。
2. 各河川流量蒐集分析，請納入本所已規劃之天花湖水庫及烏嘴潭人工湖資料。	流量推估已納入烏溪，其推估式詳見表 2-2。
3. 請補充各分析方法所參採之依據、原因(如流量推估式、灌區明細、LDPC、趨勢分析採用之時段...等)。	流量推估式乃參考前期報告，詳見表 2-2；灌區資料採用農委會提供資料，內容詳見表 2-20，每人每日用水量將考量趨勢成長、GDP 修正量及溫度修正量，推估結果詳見第參章第一節。氣候變遷採用短期情境，即西元 2020~2039 年(民國 109~128 年)，其說明詳見第肆章第一節。
4. 地表水潛能量推估結果請加以說明：(1)地表水潛能量 (2) 水源設施供水能力 (3)與現況比較結果。並根據水源調配分析結果，針對各地區水源用水缺口，研擬對應作為。	相關分析成果請詳見第肆章第二節。
5. 本計畫請參考國內外之文獻、策略據以擬定調適策略，並與本計畫分析結果有所關聯對應。	調適策略與調適行動方案已參考「國家氣候變遷調適政策綱領」、「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」及「台灣中部區域水資源經理基本計畫」重新編撰，請詳見第陸章。
6. 期中簡報之內容請依進度補充最新成果，以利委員審查。	已將期中簡報最新分析成果納入修訂稿，詳見第參章、第肆章及第陸章。
7. 報告書文敘、陳敘、格式、期初審查意見確實回應等細項，請依逐章審查意見修正。	相關文敘及格式已於文中修訂，期初意見回覆請詳見附錄一~附錄三。
8. 本計畫待辦事項繁多，並請加緊作業，俾計畫能如期如質完成。	將依據預定進度時程加緊辦理，俾使計畫如期如質完成。

**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  
整合衝擊評估及調適方案工作會議(1/2)**

壹、日期：民國 101 年 09 月 19 日星期五下午 2 時 30 分

貳、地點：本所霧峰辦公區 A 棟 4 樓

參、主持人：陳所長弘由

記錄：李俊星

審查意見	處理情形
<b>結論</b>	
1. 對於 GCM 模式 3 計畫應採用相同原則(即選擇東亞季風之表現良好，再排除第一象限後，選用豐水期減少較明顯之模式)，並均選用 5 個 GCM 模式。	執行中之各水資源分區均已依所建議原則採用 CSMK35、GFCM21、MIMR、MPEH5、MRCGCM 等五個 GCM 模式。
2. 未來氣候變遷生活用水之推估，3 計畫請均以「台灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」(水利署，民國 98 年)為推估基準。	執行中之各水資源分區均遵照意見以「台灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」(水利署，民國 98 年)為推估基準。
3. 以 GDP 及溫度為變因之未來生活用水需求推估，關於變因與每人每日用水量修正基準(顯著相關值)，改採相關係數 0.6 以上進行修正。	執行中之各水資源分區均遵照意見，在以 GDP 及溫度為變因時、依照相關係數 0.6 以上之原則推估未來生活用水之需求。
4. 未來氣候變遷農業用水推估，3 計畫請參採前期「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(2/2)」(本所，民國 100 年)之方法為原則。	執行中之各水資源分區均遵照意見，採前期「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(2/2)」(本所，民國 100 年)之方法為原則，進行目標年氣候變遷下之農業用水推估。
5. 有關脆弱度與風險分析，生活用水以「人口密度」，工業用水以「工業產值」，農業用水以「水田面積」為脆弱度因子，其分級方式則均分為 5 級。	執行中之各水資源分區均遵照意見，重新依全國性之統計資料將各標的用水之脆弱度進行 5 等級之劃分。
6. 未來工業產值則維持以工商普查之製造業年生產總值作為工業用水脆弱度之標準。	執行中之各水資源分區均遵照意見，以工商普查之製造業年生產總值作為工業用水脆弱度之標準。
7. 氣候變遷下各供水分區缺水潛勢分析，則以缺水百分日指數(DPD,%-day)為危險度因子(指標)，並據依求得風險度建立風險地圖。	執行中之各水資源分區均遵照意見，以 DPD 為危險度指標，並據依求得之風險度建立風險地圖。

**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  
整合衝擊評估及調適方案工作會議(2/2)**

審查意見	處理情形
8. 本年度 3 個水資源分區仍維持契約規定之調適策略及方案用詞；另基於專業及客觀評估，亦可將非水利署職掌之業務納入調適策略及方案中，總管理計畫(環興科技股份有限公司執行)再依需求綜整。	執行中之各水資源分區均遵照意見，以契約規定之調適策略及方案用詞為標準進行計畫之論述。
9. 調適策略仍以多準則評估，相關指標及分析方法則以參採前期「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(2/2)」(本所，民國 100 年)為原則。	執行中之各水資源分區均遵照意見，採前期「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(2/2)」之相關指標及分析方法。
10. 因應氣候變遷調適策略效益評估部分，亦請參採前期「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(2/2)」(本所，民國 100 年)之方法為原則。	執行中之各水資源分區均遵照意見，採前期「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(2/2)」(本所，民國 100 年)之方法進行調適策略之效益評估。
11. 東部或其他地區若以目前經理計畫措施即可達成未來(民國 120 年)氣候變遷之需水目標，則依實際結果呈現。	執行中之各水資源分區均遵照意見，如實呈現目前經理計畫對於目標年需水目標之達成情況。

# 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

## 第 2 次座談會會議紀錄(1/8)

壹、日期：民國 101 年 10 月 19 日星期五下午 2 時整

貳、地點：本所霧峰辦公區 B 棟 4 樓

參、主持人：陳所長弘由

記錄：李俊星

審查意見	處理情形
臺北自來水事業處 柯副總工程司祖穎	
1. 以本處供水轄區除臺北市 12 個行政區外，尚包括新北市之三重(二重疏洪道以東)、中和(員山路以東、連城路以南)、永和、新店四個行政區，與汐止區 7 個里等，遇有缺水，係整個供水區供水風險提升，並無行政區的差異，因此就本報告分析顯示中和、永和、三重公共用水危害度及水源風險地圖有較高風險的情形，但透過本處供水系統的操作，其風險應該會趨於均化成一致，故請研究團隊是否可將供水操作因素納入考量。	北部計畫生活用水風險除缺水外，並考量距水源或淨水場之距離，主要希望突顯各行政區在空間上可能之缺水分布情況。
台灣自來水公司 林組長清鑫	
1. 北部地區、桃園、新竹屬缺水脆弱性較高，尤其新竹地區工業的發展迅速，是需要注意的地區。	北部計畫遵照辦理。
2. 對於投入供水調度區域設施及淨水場設施，於改善風險有其助益，但其使用率及成本，效益都是考慮的重點。	北部計畫考量之設施改善之成本與效益皆以經理計畫中規畫成果為主。各水資源分區計畫均以效用、永續性、可行性、即時性之準則進行方案之排序評估。
3. 基隆的豐枯水期與中南部區域是相反的，因蓄水設施不足或是氣候的變遷影響，每年均會發生供水不足情形。	北部計畫針對基隆地區之特性進行分析討論。
經濟部水利署綜合企劃組 劉簡任秘書志能	
1. 目前 3 個計畫尚未完成期末報告書審查，未來審查通過後請依契約規定，至本署委辦系統(GRB 系統)填報成果效益及相關佐證資料。	各水資源分區計畫將依契約規定辦理後續相關事項。

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

第 2 次座談會會議紀錄(2/8)

審查意見	處理情形
2. 民國 99~100 年完成之「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」，希望臺灣大學生工系童慶斌教授，能依目前 3 計畫之情境設定及方法更新，並提供本署相關計畫彙整。	北部計畫將進行模擬分析及策略方案擬定之更新。
3. 明(102)年元月 15~17 日，將辦理氣候變遷研討會及教育訓練，懇請各位老師能事先預留時間，屆時將敦請各位老師出席並報告相關研究成果。	各水資源分區計畫配合主辦單位要求，參加明年度氣候變遷研討會及教育訓練。
經濟部水利署綜合企劃組 阮科長香蘭	
1. 推估方法(如 GCM、情境、人均 GDP 修正公共給水量)的合理性，應強化論證。	各水資源分區計畫計畫中採用之用水量皆以各區域各自之用水量為主進行分析。
2. 以人均 GDP 修正公共用水，城鄉差距(如台北市住商用水量)如何納入修正？	由於各縣市之 GDP 暫無公認可信之資料，故公共用水以全國尺度之 GDP 進行初步修正。
3. 中部地區評估農業用水衝擊不大，因並未考量農作生產的改變，建議能否以總量管制的角度下提供各小分區潛能總供水量，以提供各產業配置及計畫生產之考量，並規劃調適之備援、調度量。	由於農業用水之實際用水量資料屬於各地區農田水利會原則上不予公開之資料，故各水資源分區計畫將著重於公共用水供需相關之分析，僅針對農業用水可能之調適方案進行建議。
4. UKCIP 方法進行多準則評估排序，其評分不夠細緻，宜謹慎決策。	各水資源分區計畫遵照辦理。
5. 風險地圖未來如何應用？不同標的用水的脆弱度、危害度選擇調適策略上如何考量。	風險地圖用以決定風險熱點，以便調適方案之初步擬定可儘量因地制宜。若風險來源為脆弱導致，可進行脆弱之驅避(如產業移置等)。若風險來源為危害所致，則進行相關供需缺口之補足或管理方案擬定。

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

第 2 次座談會會議紀錄(3/8)

審查意見	處理情形
<p>6. 童教授簡報以主要問題，可以解決的方案，可補多少缺口，而進一步提供決策的參考，其他計畫建議比照辦理。優先可作為調適策略之評估準則目前採 UKCIP 方法，但各項評比仍應有差異性，如綠色為先？效率為先？經濟性？財務性？</p>	<p>各水資源分區計畫將以一致之分析方法進行分析及方案研擬。各項評比則以效用、永續性、可行性、即時性等準則進行多準則排序評估。</p>
<p>經濟部水利署綜合企劃組 林正工程司惠芬</p>	
<p>1. 就最終結果呈現請注意                      (1) 風險、脆弱、危害度分為 1~5 級，無「0」級。                      (2) 無考量氣候變遷為 1980~1999 年，現況為 2012 年，中區呈現為無考量氣候變遷，北區為現況，建議以現況(2012)年呈現為佳。                      (3) 三區請均呈現現況，目標年無氣候變遷及目標年有氣候變遷衝擊，三種狀況(包括量化數據及風險、脆弱、危害地圖)                      (4) 研究顯現之缺水地區請加強原因之探討及因應策略之研析</p>	<p>(1) 各等級中出現 0 者代表該地無相關工業農業之登記。各水資源分區計畫均已改標示為 N/A 並於相關地圖進行附註說明。                      (2) 基期(無考量氣候變遷)為資料分類時所採用之類別。                      (3) 各水資源分區將針對零方案(目標年現有已完成之水資源系統不考慮其他方案)、目標年無氣候變遷及有氣候變遷進行成果分析。考量情境成果繁多，將選擇其中與策略擬定相關者於書面資料呈現、其餘分析成果則以光碟資料彙整提供參考。                      (4) 各水資源分區計畫遵照辦理。</p>
<p>2. 童教授指出風險分成 5 級敏感度不夠高，是否考量增加為更多級？</p>	<p>各水資源分區計畫如遇等級敏感度不夠高者，將進行危害度脆弱度及供需缺口之分析，以利方案之研擬。</p>
<p>3. 目前三區研究之研究方法及相關定義均已統一，策略分析方式是否也一併統一，請考量。</p>	<p>策略分析有其因地制宜之特性，將以統一方式就其成果進行之彙整。</p>
<p>經濟部水利署綜合企劃組 吳副工程司依芸</p>	
<p>1. 各區調適計畫所提策略與本署區域水資源經理計畫之差別，建議比較說明。又是否有替代方案，如水利設施改善、漏水改善、東部地區的地下水伏流水運用、離島購水等可行性，俾作政策參考。</p>	<p>各水資源分區計畫遵照辦理。</p>

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

第 2 次座談會會議紀錄(4/8)

審查意見	處理情形
經濟部水利署水源組 盧正工程司瑞興	
1. 人口密度、工業產值及農業用水分級表列以「嚴重程度」與「沒問題」、「可接受」、「尚可接受」、「嚴重」、「相當嚴重」表示，或可改以重要性相關字詞表示。	人口密度、工業產值等為風險分析中脆弱度來源，僅藉由該分級進行風險等級分析。若有產業移置等之避免脆弱之方案則該脆弱避免之難易將有因地制宜之特性，故其分級之嚴重或重要程度並非水利事業單位可考量之因素。本計畫將著重於風險熱點及供需補足情況，進行方案之研擬。
2. 水資源管理調適策略方案（以中部為例）表列中，行動計畫名稱所列計畫及執行年度係包含實施中、規劃中與待規劃相關計畫，建議後續相關成果應區隔呈現。	各水資源分區計畫將考慮實施中及及目標年規劃將實施之相關計畫進行分析。
3. 以目前各情境成果，對各地區供水能力及需水量各有不同程度增減影響，建議後續相關成果可針對各情境對各地區水資源供需的影響程度予以明述。	該成果將於綜整報告中呈現。
4. 建議述明 A1B、A2 及 B1 情境分別採用中、高及低成長工業用水量進行分析之考量。	該三情境為碳排放情境，故與工業之中高低成長相互關連。
5. 氣候變遷供水缺口部分地區為負值（例如台中市），建議考量應如何呈現較妥。	已於相關表格加以附註說明。
6. 建議後續亦能就各地區水源供水能力受氣候變遷影響程度，概估既有規劃方案供水能力受氣候變遷影響程度供參。	各水資源分區計畫遵照辦理。
7. 有關調適方案評估排序部分，建議或可亦將現階段推動難易度列入考量，例如海淡成本頗高難獲使用意願。	推動之難易度即為可行性之考量因素之一。
8. 部分地區調適方案建議或可將水再生列入考量，列如台中福田污水處理廠水再生利用。	中部計畫考量辦理。

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

第 2 次座談會會議紀錄(5/8)

審查意見	處理情形
經濟部水利署北區水資源局 李課長佩芸	
<p>1. 北部水資源分區：</p> <p>(1) 有關公共用水危害度分析中，若該地區屬無自來水到達區，其日缺水率等資料如何取得及評估，以新竹地區尖石鄉及五峰鄉為例，其現況經評估後及氣候變遷條件設定後均屬危害度大地區，似與其他地區評估結果不同，請確認。</p> <p>(2) 針對無法取得農業用水相關資料致無法評估乙節，建請邀請農委會參與，且該機關對於評估結果合理性等可提出較佳建議。</p> <p>(3) 對於調適策略部分似乎以北區經理計畫所訂方案為主，是否該方案實施後就可因應氣候變遷帶來的問題？建請加強補充。另桃竹雙向供水設計的能力可達 10 萬 CMD，請修正。</p>	<p>(1) 北部計畫並未評估該地區之日缺水率，該地區之公共用水為依據該地區供水系統及淨水場進行模擬，並根據其需水量及可供水量加以分析。該地區由於處河川上游，故河川可用水量本以較小，故造成其公共危害度較高；但其脆弱度因人口少、需水量小，故整體風險度不高。</p> <p>(2) 本計畫日後將建議主辦單位邀請農委會等相關單位參與相關會議。</p> <p>(3) 本計畫將針對零方案、經理計畫於目標年已規劃將執行完成方案、以及本計畫擬定之水資源強化方案進行供需缺口分析。相關錯誤已修訂。</p>
<p>2. 東部及離島水資源分區：</p> <p>(1) 簡報 P.16，關於花蓮及台東地區經 SI=0.5 評估後，部份供水系統之供水能力為 0，其意義為何？請補充。</p> <p>(2) 簡報 P.28，就農業用水需水量而言，為何台東較花蓮每公頃用水量高達 2,000 立方公尺？是否僅指水稻用水(無養殖或畜牧用水)？請確認數據來源並補充說明。</p>	<p>(1) 東部地區之供水能力已改用相當於 SI=0.5 之缺水率(0.07)進行分析。</p> <p>(2) 東部地區之農業用水需水量已進行確認。</p>
環興科技顧問股份有限公司 陳經理啟明	
<p>1. 北區水資源計畫針對基期的水文分析工作相當完整，此部分建議其他兩個計畫團隊應參考其方法，增補其負責分區之基期水文分析。</p>	<p>各水資源分區計畫遵照辦理。</p>

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

第 2 次座談會會議紀錄(6/8)

審查意見	處理情形
2. 北區簡報 34 頁內容，宜蘭地區未來承载力皆大於需水量，請說明為何在此前提下宜蘭地區在供水上依舊有風險？	風險度為考量危害度與脆弱度之綜合結果。在危害度上，宜蘭地區由於整體水資源供給大於需求，因此各鄉鎮之危害度等級偏低（均為 1）；然而在脆弱度上，宜蘭地區由於部分鄉鎮（例如宜蘭或是羅東地區）由於人口密集、水資源需求量較高，導致其脆弱度等級偏高（均為 5）。綜合考量為海度與脆弱度之結果，將使得部分危害度等級偏低但脆弱度等級偏高之鄉鎮仍具備風險度。
3. 北區水資源計畫簡報中假設台北地區未來需水量逐年降低，請說明其假設依據。	北部計畫之需水量設定說明補充於該計畫報告第貳章第 4 節。
4. 建議各子計畫需明確指出各地區目標年之缺水機率與缺水量，此為調適方案擬定的基礎。	各情境無調適策略之供水及需水結果均已分析其缺口。各水資源分區計畫均進行無氣候變遷及 A1B 最劣情境下考慮既有設施之供水及需水結果，作為調適方案擬定之基礎。
5. 危害度分級中之公共用水缺水百分日指數(DPD)分級，其分級標準為 100 以下、100~600、600~1500、1500~3500、大於 3500 共五級。建議應加強其分級數值依據的論述，以強化合理性。	該分級數值依據已於前期研究(南部計畫)詳細說明其合理性。主要為調查問卷統計缺水時感受之分類研究。
6. 建議中區水資源計畫在進行風險評估工作時，除比較現況與目標年氣候變遷情境外，應納入民國 120 年無氣候變遷的情境一同比較。	業已依委員意見納入有、無氣候變遷因素考量。結果說明請詳見中區計畫期末報告。
7. 中區水資源簡報 40~41 頁，在估算中區供水缺口時，由於 B1 情境是一個相對較樂觀的情境，因此其供水缺口的計算結果亦相對樂觀，使得簡報中所列之中區各縣市氣候變遷供水缺口差距頗大。如台中市計算結果是供水缺口介於-7.18~17 萬噸/日、彰化雲林則介於 3.19~24.4 萬噸/日，惟避免在評估時造成混淆，建議暫不考慮 B1 情境。	本計畫雖分析 A1B、A2 及 B1 三種情境之氣候變遷衝擊分析，但調適方案選定主要係根據 A1B 情境最劣 GCM 模式分析成果，與委員建議之考量基準一致。

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

第 2 次座談會會議紀錄(7/8)

審查意見	處理情形
本所水源課 蔡課長展銘	
<p>1. 經近期兩次座談會已約略呈現方法及成果、惟其分析資料代表站、缺水評估原則(SI\DPD)危害度(是否納入水公司操作)、調適策略擬定指標原則及成果呈現方式等均請儘速整合(統一或說明)，並儘早提出給水源課，以利期末會議有效達成共識及聚焦。另前期完成之南區計畫成果亦請比照辦理必要修訂。</p>	<p>方法論已統一並於需因地制宜部分加以說明。南部計畫修訂成果將於綜整報告中一併呈現。</p>
結論	
<p>1. 脆弱度、危害度量化分級，其代表意義請再詳細說明，另等級量化值若呈現其差異不明顯，考量以予調整。</p>	<p>各水資源分區計畫遵照辦理。</p>
<p>2. 可分別以危害度及風險度個別加以探討後，研提各水資源分區因應氣候變遷之調適策略。</p>	<p>各水資源分區計畫風險地圖將用以決定風險熱點，以便調適方案之初步擬定可儘量因地制宜。若風險來源為脆弱導致，可進行脆弱之驅避(如產業移置等)。若風險來源為危害所致，則進行相關供需缺口之補足或管理方案擬定。</p>
<p>3. 計畫已蒐集國外調適策略，經建會核定之國家氣候變遷調適策略綱領，及各水資源分區經理基本計畫…等資料，綜析後以幾個原則來挑選調適策略優先順序，然更希望能轉換為工程司較易理解之方式(如以水再生利用、經濟可行、社會接受度…等)來決定優先順序。另氣候變遷調適策略不宜納入短期管理措施，應以長期有效之措施為宜。</p>	<p>各水資源分區計畫除經理計畫外本計畫均已參考國外相關策略作為強化策略擬定之基礎。</p>
<p>4. 衝擊評估模式與策略擬定方法簡報 P.30，綜合彙整評估及訂定台灣地區(含離島)水資源因應氣候變遷之管理調適計畫，各區之方案組合中組合一、二、…百分比代表意義，請再補充說明。</p>	<p>該部分說明將於綜整報告中呈現。</p>

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

第 2 次座談會會議紀錄(8/8)

審查意見	處理情形
5. 北部水資源分區，目前缺乏部分農業用水圳路相關資料，請水源課安排 10 月底前向農委會農田水利處張處長簡報並請其協助索取相關資料。	配合委員意見，已提供相關資料予水規所。
6. 北部水資源分區目前所呈現之風險狀況，與一般認知有較大差異，如推估未來人口會成長，造成需求增加，請補充說明推估依據或考量。	需水量推估依據及修改情形已說明於北部報告第貳章第四節，而考慮經濟發展修正之用水量可能過高，亦考量台北桃園地區未修正經濟發展之用水量，其模擬結果說明於北部報告第肆章第 5 節。
7. 中部水資源分區，調適策略提及調度移用農業用水有不符合氣候變遷調適做法，應朝向增加新水源而非就現有水量調度。	業已依委員意見，調適方案以多元化水源開發為主，農業移用不納入調適方案。
8. 東部水資源分區，調適策略提及作物變更，其牽涉層面過廣，請按照目前之推估方式，但應註明清楚假設條件(如不涉及作物制度之變更)及本計畫主要考量(如溫度)因子。	東部計畫遵照辦理。詳見東部計畫第捌章。
9. 有關水資源供水潛能限制政策，請水源組提供研究成果供相關執行單位參考，若能即時提供且作業時間允許，請做初步評估氣候變遷下之衝擊量，若無法完成可作為後續研究之建議。	感謝予以協助。
10. 3 計畫均完成期末簡報或成果完成後，配合綜企組作業，綜整各區水資源相關研究成果後報署續辦。	綜整計畫遵照辦理。

# 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(1/11)

壹、時間：民國 101 年 8 月 23 日(星期四)上午 9 時 30 分

貳、地點：本所霧峰辦公區 B 棟 2 樓會議室

參、主持人：陳所長弘由

記錄：顏世偉

肆、審查委員意見及辦理情形

審查意見	處理情形
經建會 黃顧問金山	
1. 第一部份必須分析評估在不考慮氣候變遷的因素下，自然的水資源：包括地表水及地下水在中區的各分區分別以目前已有的水資源設施可用的水資源量 (Availability)。	本計畫已分析不考量氣候變遷(基期)與考量氣候變遷下之水資源可運用水量，詳見第參章第三節及第肆章第二節。
2. 依中區水資源經理計畫，不考慮氣候因素，目前至 120 年之供需缺口應先設定為基本條件。	已評估氣候變遷影響與經濟成長影響下之供需缺口，請詳見第肆章第二節。
3. 考慮氣候變遷對水資源供需雙方之影響後，氣候變遷對於供水缺口之影響為何？	已評估氣候變遷影響與經濟成長影響下之供需缺口，請詳見第肆章第二節
4. 本計畫估算之地下水潛能量資料似乎有偏差，建議校核確認。	已改採地下水分區重新評估，分析結果請詳見第參章第三節及第肆章第二節。
5. 調適策略中農業用水採水旱田輪作以配合水資源之自然分配，對於水資源供需之調整貢獻最大，建議參考。	水旱田輪作策略將納入本計畫考量。
吳顧問憲雄	
1. 做風險度、脆弱度分析，似應建立其零基準點，即在無氣候變遷因素下即存在之風險、脆弱狀況，因此建議宜先評估在正常水文條件下，以現況中區水資源設施及開發中之水資源計畫於總供水能力與市場需求之平衡，並應設定目標年為分析之基準。	無氣候變遷因素下之可運用水源分析請詳見第參章第三節。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(2/11)

審查意見	處理情形
2. 現行水資源政策係採供應單向策略，即所謂以供定需，故計畫宜先評估各重要河川且永續及生態保護及氣候變遷之原則下之合理可取用水量，報告中採以地區分析，建議改以河川為單元評析（表 3-26），且應有季節之差別。	本計畫已改以重要河川(中港溪與後龍溪聯合運用、大甲溪與大安溪聯合營運、濁水溪)為單元進行中部區域供水系統供水能力推估，詳如表 3-26。
3. 調配、移用、緊急應變、有效管理等均屬短期效果有限之措施，氣候變遷則屬長期存在重大現象，故調適措施應以長期永續之策略為原則，避免採短期應變做為調適措施。	本計畫提出調適策略以長期方案為主，但為因應短期極端缺水，本計畫亦提出短期應變策略以供參考，但不納入評估分析。
4. 現有水資源設施之運用規則多屬以未考慮氣候變遷之因子下所訂定，如考量氣候變遷因子，是否在既有規則上修正增訂調適措施作為，請斟酌。	調配規則改變將納入參採，惟後續調適方案評估，僅針對已有規劃報告之策略進行評估分析。
5. 表 6-5 新興水源方案中，大度堰、八寶堰兩計畫，水利署似已停止推動，請釐清。	大度堰、八寶堰已於文中移除。
6. 在需求方面，依世界先進國家之經驗，經濟發展、國家生產總值與用水有一定之比例關係，故建議宜配合國家總體經濟發展計畫，推估配合經濟成長而必須增加之需求，列入脆弱及風險之評估中，並研提調適措施。	本計畫生活用水量推估已納入 GDP 成長因素考量，將依此生活用水量進行調配分析，並計算危險度因子，以作為研擬調適措施之參考。
7. 本計畫採模式及脆弱度，風險度之評估，較屬學理及基礎性研究，建議在後續工作中能將學理研究結果轉化為務實、具體、可行及有創新成效之調適措施，供水利署為決策與行政作為之參據。	已將分析結果轉換成風險地圖，以利水利署為決策與行政作為之參據，詳見第五章第四節。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(3/11)

審查意見	處理情形
中央大學大氣科學系 林教授沛練(書面意見)	
1.	<p>氣候變遷情境設定與相關模式輸出資料之引用，宜和國家防救中心保持密切聯繫，以引用較具代表性之情境模式資料。</p> <p>本計畫氣候變遷情境即是採用國家防救中心之 TCCIP 計畫分析成果。</p>
2.	<p>期中報告內容豐富，但仍有不少書寫格式不是很一致，例如 Fan 等人(2009)，Buckle et al.(2001)等格式應請要一致。</p> <p>本計畫已針對內文格式進行修訂統一。</p>
3.	<p>期中報告中引用許多參考文獻，但許多缺列在報告之參考資料中，例如 P.2-49 Feng and Huang(2008) Fan 等人(2009)，P.2-50 Burton et al(1978)，Pelling(2003)，Adger et al(2004),...P.2-51Pimm(1984)...等，應該要全冊詳細檢視修正。</p> <p>相關文獻已補充納入參考文獻。</p>
4.	<p>第三章 水文因子情境設定分析之水環境因子趨勢分析結果如圖 3-2、3-3、3-3 及附錄九中，一些測站年雨量趨勢，降雨強度趨勢、連續不降雨趨勢等分析結果，似與已發表正式期刊論文之有關台灣降雨特性的研究結果有些差異，建議檢視資料品質，特別是統計趨勢分析前有關資料品質檢定分析之工作，應特別加強。若資料確實和氣象局有人測站與自動雨量站網資料有所差異，也應加以說明與解釋。</p> <p>由於本計畫採用之雨量測站多有缺漏，故採用鄰近測站進行補遺後進行分析，分析結果詳見第肆章第一節。</p>

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(4/11)

審查意見		處理情形
台灣自來水公司 蔡工程司善潔		
1.	由於本報告中有將土壤入滲列入研究評估項目，又台灣目前農業用水渠道損失約為五成，建議評估納入渠道損失。	本計畫土壤入滲參數主要用以推估地下水潛能量，農業用水渠道損失部分將於農業用水量推估時，納入考量。
2.	建議將”暴雨頻率增加”納入調適、排洪，以及民生、農業用水風險的評估。	氣候變遷屬長期存在重大現象，故水資源氣候變遷衝擊評估以長期趨勢為主，暴雨造成之洪災水利署目前另有專案執行中。
國家災害防救科技中心 陳助理研究員韻如(書面意見)		
1.	建議風險圖中採用的脆弱度因子，與其他北部與東部地區一致，並將脆弱度相關因子若空間資料並為鄉鎮尺度資料，其轉換為鄉鎮尺度的假設應於報告中說明，以及脆弱度相關因子分析採用的時段資料，是否適合應用於未來氣候變遷衝擊下，亦應於報告中說明。	採用之脆弱度因子說明請詳見第五章第一節。
2.	挑選的 3 個 GCM 模式 CSMK35、MIMR、GFCM21 在中部區域 A1B、A2、B1 三個情境下豐枯水期降雨特性不太相同，於 A1B 情境下 CSMK35 是豐增枯減，MIMR 全年偏乾，GFCM21 則是豐減枯增。但於 A2 情境中除了少了 MIMR 模式，其他兩個模式特性亦不相同，建議於文中說明。P4-32 與 P4-33 於三個模式流量變化的趨勢，似乎與降雨特性不太相同，MIMR 是降雨全年偏乾的特性，但流量的變化似乎是呈現都增加。	各模式雨量分析說明請詳見第肆章第一節。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(5/11)

審查意見		處理情形
3.	建議文中將各流域所採用的統計降尺度資料網格點列出，是以單一鄰近網格或區域平均網格應於文中說明。	本計畫已增列各流域所採用的統計降尺度資料網格點並於文中加以說明，詳見第肆章第一節。
4.	P4-28 頁表 4-7 中 GWLF 模式模擬德基水庫，所採用的參數是否合理，如退水係數 0.0001，深層滲漏率達到 2。	德基水庫已重新模擬，相關模擬驗證成果請詳見第肆章第一節。
5.	第六章氣候變遷之水資源強化策略所蒐集的資料，著重於過去針對中部區域水資源規劃與管理，應強調在氣候變遷衝擊下水資源的策略的差異。	本計畫已針對氣候變遷衝擊，提出適當的調適策略，請詳見第六章說明。
水利署綜合企劃組 林正工程司惠芬		
1.	本年度氣候變遷下科專計畫之三項水資源計畫均有初步成果及完整之研究架構，部份研究方法不同如大氣環流模式之挑選，農業用水需求情境設定，建議三計畫可召開協調會議。	已於民國 101 年 9 月 18 日於霧峰辦公室召開三計畫協調會議，統一三計畫之研究方法。
2.	簡報第 48 頁提出「國家氣候變遷調適政策綱領」中對於調適策略及基本計畫之掌握恐有出入，請再確認。	國家氣候變遷調適政策綱領說明已更新，請詳見第陸章。
3.	水環境因子變動趨勢分析分為時段(1980-1999)時段二(2000 年後)，分析結果氣候變遷趨勢並非非常顯著，但因氣候變遷不確定性高，且為長期之變化趨勢，建議未來將短期目標時段之推估成果(2020~2039)併入比較。	水環境因子變動趨勢分析主要分析觀測資料是否有明顯變異趨勢，然短期(2020~2039)資料屬大氣模式分析資料，並非原始觀測資料，故短期資料建議於後續衝擊評估分析納入分析考量。
水利署中區水資源局 林工程司志堅		
1.	附錄五及附錄六中之台中縣各鄉鎮請修正為台中市各區。	已修正台中市各區名稱，詳如本報告附錄五及附錄六。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(6/11)

審查意見		處理情形
2.	附錄六缺雲林縣之資料，請補充。	已將雲林縣各鄉鎮區耕地面積補上，詳如本報告附錄六。
3.	P.3-13 將雨量資料分為時段一(1980-1999 年)，與時段二(2000 以後)，何以 2000 年為分段點？請說明。	基期分界點三計畫已統一採用 IPCC AR4 報告定義之基期，即 1980~1999 年。
4.	氣候變遷會影響水源量及水源之濁度，枯水期水源減少會缺水，豐水期可能強降雨造成水源濁度高，而造成缺水事件。氣候變遷對濁度之影響如何？缺水風險可否考量濁度之影響。	本計畫主要考量氣候變遷之長期趨勢影響，濁度升高主要因暴雨強度影響，此部分不納入本計畫考量。
本所水資源規劃課 蔡課長展銘		
1.	第貳章「相關文獻資料蒐集與探討」內，各水源設施 HAV 及運用規線除表 2-2 之現有外，規劃興建中(天花湖，湖山)亦應納入，農業用水除計畫或實際用水(需列出年份)外，尚請增加水權登記(該值係法定且應註記年份)另是否尚有工業及民眾等個人或商家水權？最後中區水資源經理計畫是否應納入，請再考量。	第貳章主要針對現況水源系統之基本資料進行蒐集，由於天花湖與湖山水庫之規線尚未核定，故未納入本報告。另於水資源規劃時，多採農業計畫用水量進行分析，故本計畫於未來農業用水量推估時，採用計畫用水量進行推估，故內容僅針對本計畫所需之資料進行蒐集說明。另經三區協商座談會討論後，參考各區水資源經理計畫及國內外其他相關經驗研擬調適方案研擬已有共識。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(7/11)

審查意見		處理情形
2.	<p>第參章所參採之雨量站資料(如 P.3-14 表 3-9)與圖 2-1 及附錄一、二不同?表 3-10~3-16 現況六大流域降雨勢分析,而表 3-17~3-19 則為變異點分析,惟前者採 1980-1999 及 2000 年分段,但後者並沒有?另該分析目的為何?最後依 Vensim 系統動力模式建立中區水資源調適系統,則請依 6 大流域列出其中文系統圖,除 SI 外請增加 DPD 之缺水評估方式。</p>	<p>1.本計畫已統一將採用之雨量站資料列於第三章第二節。</p> <p>2. 本計畫以 MK 檢定、MWP 檢定及 KW 檢定分析降雨量、降雨強度和連續不降雨日數三種降雨特性之變動趨勢。其中 MK 檢定用來分析基期(1980~1999)與其他時段(2000 年之後)內,觀測資料是否有明顯變動趨勢。MWP 檢定和 KW 檢定觀測資料是否存有變異點,故表 3-10~3-16 與表 3-17~3-19 有所差異。</p> <p>3.本計畫水資源系統主要分為中港溪後龍溪聯合運用系統、大甲大安聯合運用系統及濁水溪系統等三大系統進行 VENSIM 模式建置,各系統圖請詳見圖 2-4~2-6,惟以 VB 程式呼叫 vensim 程式時,傳遞變數需為英文,故仍以英文為主建置供水系統。</p> <p>4.DPD 分析結果以危害度地圖表示之,請詳見第五章第四節。</p>
3.	<p>第肆章針對所挑選 3 個 GCM 模式(P.4-10)係以豐水期減少最多為原則是否合理?建議增列流程圖、氣象資料產生器之模式時間資料尺度及年限。另外,該章文末似尚有衝擊評估成果呈現,請增補。</p>	<p>1.GCM 模式選定原則已與其他區計畫統一,選定流程說明請詳見第肆章第一節。</p> <p>2.氣象產生器主要繁衍短期(2020-2039)之雨量與溫度資料,相關說明已於第肆章第一節補充。</p> <p>3.氣候變遷衝擊分析結果請詳見第肆章第二節。</p>
4.	<p>第五章脆弱度及風險分析內所採用資料及方法大都均參考「強化南區因應氣候水資源管理調適研究」報告,惟應針對其區別宜有差異性敘明。並於期末完成量化分析成果。</p>	<p>脆弱度與風險度量化分析結果請詳見第五章第四節。</p>

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(8/11)

審查意見	處理情形
5. 前揭氣候變遷衝擊評估成果應儘速提出，俾利據以研提出回應策略及方案，惟應依規定提出協調會及座談會討論內容。	氣候變遷衝擊評估成果請詳見第肆章第二節，計畫座談會由三區共同舉辦，預計於 10/19 日辦理。
本所水資源規劃課 曾副研究員榮松	
1. 有關各地區日人均用水量之用水量計算依據及推估成果，請補充說明。	各地區人均用水量之用水量推估成果請詳見第參章第一節。
2. 有關雨量站及流量站選用原則，請補充說明。	本計畫雨量站與流量站乃參考前期報告進行選定。
3. 相關圖表資料如中部區域重要水工結構物應包括集集攔河堰、日月潭應位於魚池鄉而非水里鄉等，請逐一再校核修訂。	已將重要水工結構物之資料加上集集攔河堰，並修正日月潭位置為南投縣魚池鄉。
4. 第貳章有關中部區域水庫設施、自來水供水系統及水利會相關資料，請彙整並以較系統性方式呈現。	相關基本資料呈現方式已重新修訂，請詳見第二章。
5. 水環境因子變動趨勢分析之趨勢檢定(MK)、變異點檢定(MWP、KW)結果對後續研析處理方式，請補充說明。	水環境因子變動趨勢分析目的主要探討歷史資料是否有明顯變異，以做為基期時距之選定，本計畫分析之變異點多介於 1980~1990 間，惟目前 IPCC 採 1980~1999 做為基期期距，故本計畫仍沿用 IPCC 基期期距進行後續分析。
6. 有關各地區地下水潛能量推估結果，簡報資料與報告資料差異頗大，如彰化地區分別為 2.75 與 8.02 億噸等，請詳與確認。	地下水分析結果已改採地下水分區重新估算，請詳見第參章第三節及第肆章第二節。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(9/11)

審查意見		處理情形
7.	其他細節請依本(8)月 7 日工作會議 期中報告書逐章審查意見修訂。	已根據工作會議內容予以修正，請詳見 報告書。
本所水資源規劃課 顏助理研究員世偉		
1.	水源運用成果期中簡報內已與前期 計畫成果比較，數值尚稱合理，惟各 流域內操作規則(如：大甲溪慣常發 電、日月潭抽蓄發電)、各流域間串 聯的調度規則未於報告書呈現，建議 納入報告書適當章節或附錄，俾利檢 核是否符合現行操作規則。	水源調配原則說明請詳見第參章第三 節。
2.	p.3-35 中部區域地下水潛能量推 估，依期初意見回復，目的在於比較 總抽水量是否大於潛能量，惟分析結 果僅呈現地下水潛能量，建議蒐集總 抽水量進行比較。另外，是否可與其 他計畫推估之地下水潛能量成果比 較？	本計畫已蒐集各區地下水之抽水量，並 與本計畫推估之潛能量進行比較，發現 氣候變遷影響後之潛能量仍大於現況抽 水量，詳細結果情詳見第肆章第二節。
3.	p.3-13~22 本計畫進行各流域之水環 境因子趨勢分析，將降雨量分成 1999 年以前與 2000 年以後，進行降雨特 性趨勢分析，21 個雨量站中只有 4 站達顯著水準。惟降雨量屬「氣象乾 旱」範疇，尚不能反映最急迫的「供 需乾旱」，建議在進行水源運用分析 時，能辨識 2000 年以後造成之供水 能力衝擊。	根據相關報告指出，台灣降雨量之變異 情況大多不顯著，而以降雨強度和連續 不降雨日數之變異情況較為顯著，故本 計畫分析結果符合此趨勢。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(10/11)

審查意見		處理情形
4.	建議報告書內把各流域之情境降雨量變化率呈現出來，以利對照對於水源設施因為氣候變遷造成之衝擊。	不同氣候情境下豐枯雨量變化率請詳見表 4-3。
5.	第陸章、研擬強化策略部分較抽象，建議能具體列出未來氣候變遷造成之供水缺口後，預計將哪些個案計畫納入水源系統分析。	氣候變遷缺口分析結果請詳見第肆章第二節，建議採天花湖水庫、烏嘴潭人工湖及台中海淡廠策略，選用方案說明請詳見第陸章。
6.	p.3-4 表 3-2 中之自來水普及率、抄見率及第陸章、節水及減漏目標，目前水利署有研訂最新目標，建議蒐集後納入分析。	經三區共同座談會討論後，採用民國 98 年”臺灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討”之分析量進行後推估。
7.	供需分析如何與本署之供需圖、本計畫預計產出之路線圖結合，建議預先思考妥為因應。	供需缺口將參考貴署供需圖調度進行分析(如台中-苗栗，台中-彰化之支援量)
8.	報告書 p.2-46 第貳章第貳節彙整某些國家的調適對策，惟後續如何應用於本計畫，建議能補充執行團隊看法，研提重要簡單對策，以為策略研擬之依據。	調適策略研擬說明請詳見第陸章。
9.	報告書格式及期初會議各委員意見之格式均請依本所規定辦理，研處及回覆仍有不妥之處，建議修正。會後另提供書面資料供修正參考。	已依據貴所提供格式進行修正。

## 「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」期中簡報暨期中報告書審查意見及處理情形(11/11)

審查意見	處理情形
<b>結論</b>	
1. 本期中簡報及期中報告書原則認可，請參酌各委員及單位代表意見納入期末報告回應修訂。	已參考委員意見回應並修改內文。
2. 調適策略初步方案座談會預定於 10 月上旬召開，研討內容請包括： 1.水資源因應氣候變遷之定性評估流程。 2.本計畫提出之風險評估指標。 3.中部區域因應氣候變遷初步調適構想。	座談會已延期至 10/19 召開，相關內容將納入討論。
3. 為整合北、中、南、東各區域計畫相關基本資料、評估指標、策略方案研擬方式等，請水源課擬定議題於座談會前召集工作會議討論。	已於 9/18 於霧峰辦公區完成三區共同討論會，統一研究方法。
4. 本計畫現況水資源模擬模式之驗證，請補充模式模擬的操作規則之案例說明，以確保模式正確性。	模式驗證採與前期報告比較，比較結果詳見表 3-26，另外模式系統操作規則說明請詳見第參章第三節
5. 氣候變遷情境下之風險評估方式(脆弱度、風險度...等)，請再斟酌。	風險評估方式已與其他區計畫統一，其說明請詳見第五章。
6. 因應氣候變遷造成影響，請以創新思維研提具體量化可行之調適策略。	將參考中區水資源經理方案與國內外相關經驗研擬調適策略。
7. 國外文獻請蒐集各國流域為主的具體調適策略，而非全國性政策，並瞭解其策略背景，再據以參考引用。	國外文獻說明請詳見第貳章第二節。

# 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(1/17)

開會時間：101年11月16日（星期五）上午10時0分

開會地點：本所彰化辦公區會議室

主持人：本所陳所長弘圭

記錄：顏世偉

審查意見	處理情形
中央大學大氣科學系 林教授沛練	
1. 全冊報告內容豐富，但仍有不少可以修正改善之處，宜再仔細審視修正以求更加完整。	本計畫已參考各位委員意見酌以修正本報告內容，以期內容更加豐富完整。
2. 參考文獻之列表宜有通常慣用之格式，不宜隨意排列否則參考不易，另仍有部份漏列參考文獻。 如 P2-42 Sunet 等人(2008)，P2-44 Holling(1973)等，請再仔細校正。	參考文獻已統一編排格式，Sunet 文獻為文字誤植(實為 sun 等人文獻)，缺漏文獻亦已補充，請詳見參考文獻。
3. 水環境因子變動趨勢分析，例如降雨量、降雨強度、連續不降雨日數之分析，建議可以引用相關期刊論文結果，做一些比對，對局部地區或小範圍變動特性將到底是氣候變遷或環境變化所造成，可以做一些討論。	本計畫已蒐集整理氣象局成果，並進行簡單討論與比較，相關內容請參閱第參章第二節第(二)小節。
4. 地下水源潛能量之分析是否可以有一些驗證或其他研究結果之比對？期中報告和期末報告之分析結果就有很大不同，到底新的分析結果是否就較正確或更合理。應有一些討論或分析比對。	本計畫於期中報告以縣市分區推估地下水潛能量(包含山區地下水)，惟山區地下水層地質複雜，地下水不易保存，故本計畫參考其它前期計畫，改以苗栗、台中盆地及濁水溪平原等三大地下水分區重新評估，並已與前期報告推估結果比較之，相關分析成果請詳見第參章第三節第(二)小節。
5. 氣候變遷模式之選擇，例如針對東亞季風模擬結果之驗證，如何驗證應要有一些描述，若為引用其他報告結果，也要有所說說明。	本計畫已針對 GCM 模式挑選作法加以補充說明，相關內容請參閱 4-12 頁。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(2/17)

審查意見	處理情形	
<b>吳顧問憲雄</b>		
1.	建議結論與建議之建議部份能補充與研究結果對中部地區因氣候變遷而管理調適能力之具體結果及因應對策。	業已依委員意見修訂相關文敘，請詳見建議。
2.	本研究從需求修正水文因子，氣候變遷衝擊、脆弱度風險度分析及因子案例等方面做深入分析評估，但最後第柒章提出之調適計畫在硬體水資源開發方面都屬在未考慮氣候變遷因素下之傳統供需平衡開發計畫，在軟體方面則多全部摘錄自國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域之全國性措施，建議宜就氣候變遷之因素及中部地區供需水特性，研討適用中部地區特性之調適措施。	本計畫已針對中部地區特性研提調適方案，且亦將氣候變遷造成之供需缺口納入考量，相關調適方案研擬與分析請詳見第柒章。
3.	圖 6-1 台灣調適工作架構，係現行政府組織架構及全國性組織架構，而政府組織再造即將實施，故建議以新政府組織架構及中部地區需求之實際情形，規劃設計中部地區之適用工作架構。	圖 6-1 為引用經建會 101 年 6 月行政院最新核定之「國家氣候變遷調適政策綱領」報告，故建議延用此工作架構。
4.	P 結-1 結論 3 所稱公共供水潛能之含義為何，又潛能以年計及後續新開發計畫以 CMD 計，兩者尚須結合，另濁水溪與湖山水庫之聯合運用之供水能力有誤，請釐清。	公共供水潛能係指在不考量供水系統限制下，僅以地表水天然入流量扣除下游農業保留水量與生態基流量得之，與河川剩餘流量類似，故多以年計表示之，另濁水溪與湖山水庫之聯合運用之供水能力數據為誤植，已於文中修訂，詳見第參章第三小節。
5.	報告中甚多統計分析圖，係以顏色別，故請改用彩色印刷以利辨識。	為求圖表清晰達意，本計畫報告已改採彩色印刷呈現。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(3/17)

審查意見	處理情形
林顧問連山 (書面意見)	
1.	<p>就河川水量而言，大甲溪及大安溪合計約 14.1 億噸/年，後龍溪與中港溪合計約 7.9 億噸/年，濁水溪則有 10.9 億噸/年，唯聯合運用之水量卻分別為 178 萬立方公尺/日，及 44.3 萬立方公尺/日。亦即各聯合運用水量與河川年逕流量之相關性似乎不大其原因建議說明。</p>
2.	<p>本計畫推估之公共供水潛能量係指在不考量供水系統限制下，僅以地表水天然入流量扣除下游農業保留水量與生態基流量估算，然實際上，當暴雨帶來充沛流量時，水庫無法完全儲存而溢流掉，故考量供水系統供水限制時，其供水能力遠低於公共供水潛能量。</p>
3.	<p>彰化、雲林在各情境下的缺口均為負值，亦即表示現況供應量足以供應目標年需求，且足以應付氣候變遷造成之缺口，唯彰化有 10 萬噸/日的水量由鯉魚潭水庫供應，而這些水在台中發生缺水情況勢必被調配回台中而無法再支援彰化，則彰化便可能會缺水。</p>
4.	<p>濁水溪的水源每年約 1 億立方公尺，藉由農業用水調度支援六輕，此一量體建議反應出來(農業或工業用水量)</p>
5.	<p>氣候變遷缺口推估係以缺水指數等於 1 下推求系統供水能力，其代表長期供水滿足某一缺水忍受度下之供應能力，故彰化地區仍有可能有零星缺水發生。</p>
6.	<p>本計畫已將濁水溪每日支援離島工業區 86 萬噸納入考量。</p>
7.	<p>豐原、石岡、西屯、北屯被歸類為生活用水風險度超過三級，唯這些地區與大台中其他地區仍共用石岡及鯉魚潭之水源，別因為其生活用水之脆弱度較諸其他地區為高？個人認為所採用之脆弱度因子(人口密度)似有斟酌空間</p>
8.	<p>脆弱度因子選定已於三區共同討論會中決議，生活用水脆弱度採用人口密度進行後續分析。</p>
9.	<p>建議優先執行之調適方案似可把福田廢污水廠所處理過的放流水予以納入供應工業使用方案。</p>
10.	<p>業已依委員建議將福田廢汙水廠納入分析考量，請詳見第七章。</p>

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(4/17)

審查意見	處理情形	
自來水公司處 蔡副處長檜森		
1.	由於水公司彰化及雲林屬不同管理處所轄，建議摘要第十四頁(摘表五)「彰化縣、雲林縣及南投縣氣候變遷缺口分析結果」表中，將彰化縣及雲林縣分別標示，以利辨別及運用。	本計畫於氣候變遷缺口分析結果部分，已將彰化及雲林地區分開計算呈現。詳見第肆章第二節。
2.	報告中所述「未來」等用字，建議寫明目標年份，以減少未來辦理及期程配合的困難。另對未來用水需求的推估部分，建議縮小範圍，予以務實。	本計畫目標年份為民國 120 年，相關資訊已於報告內文修訂。相關分析成果請詳見第參章第四節。
3.	P2-3 圖資及 P2-4 表列測站不一致，建議修正。	本計畫已統整修正圖表中流量站資訊，詳見圖 2-2 及表 2-1。
4.	P5-3 「工業用水」部分，「...採用缺水百分率日數指標，其分級詳見表 5-3。」然表 P5-3 卻採用「生產毛額」做為指標，請再行確認。	相關誤植已修訂，請詳見表 5-2。
5.	P5-8 的水壓管理部分，「供水壓力」等用詞建議改成「供水水壓」，另文中多處採用「壓力」一詞予以描述水壓，建請均修正為「水壓」。	業已依委員意見議將「供水壓力」及「壓力」一詞均修正為「水壓」。請詳見第五章第二節。
6.	P5-12，「海生-威廉氏公式」建議改為「哈森-威廉氏公式」。	業已依委員意見修正為「哈森-威廉氏公式」。
7.	P5-17，「操作壓力水頭」建議改為「操作水頭」。	業已依委員意見修正為操作水頭。
8.	P5-18，「1、苗栗地區(1)模型建致成果...C、管徑 400 毫米以上之管線及節點...」，建議應註明是否含 400 毫米 P5-22、P5-25、P5-28、P5-32 亦同。	P5-18 文章中管徑已修訂為「管徑 400 毫米(含 400 毫米)以上之管線及節點」，P5-22、P5-25、P5-28、P5-32 亦同。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(5/17)

審查意見	處理情形
9. 請注意使用單位的錯誤，如：P5-21，表 5-10，水壓單位若使用 m，建議應標示為「操作水頭」，若採用「水壓」一詞，單位應採用 kg/cm <sup>2</sup> ，P5-24、P5-27、P5-31、P5-34 亦同。	業已依委員意見修正單位，請詳見表 5-10、5-12、5-14、5-16、5-18。
10. 「第陸章、一、水資源調適策略研擬原則」內容，建議再研討南投—彰化的聯合運用運作方式，並加入新竹—苗栗、雲林—嘉義聯合運用的資料。	由於後續調適策略量化分析時，成本、工期及增供水量等資料需有明確數據，故本計畫提出之水資源調適方案乃根據民國 101 年水利署「台灣中部區域水資源經理基本計畫」為主要參考。
11. P6-14 表 6-2 內容，請再確認水公司配合部分的期程資料。	已根據 101 年水利署最新「臺灣中部區域水資源經理基本計畫(修訂版)」重新修訂，請詳見表 6-2。
12. P6-17 的表 6-6，「廢污水回收再利用」部分，建議向工業局索取各工業區作業期程資料，並於建議中請工業局加強管理並提升工業廢水再利用率。	由於福田污水處理廠水再生利用尚未核定，故目前僅有初估工期，尚未有明確作業期程。
13. 有關「第陸章、七、因應情境改變之調式方案檢討」之提議，天花湖、烏嘴潭等工程建議應將期程提前，以因應未來用水需求。	本計畫主要目的為評估調適方案下，是否足以滿足目標年 120 年之需求，故個方案需於目標年前完成，以期達成其供水效益。
自來水公司第四區管理處 廖工程司國淙	
1. P2-27 依供水系統別可分為台中區，區請刪掉。供水地區含台中市(和平、東勢、新社、霧峰、大甲、外埔、大安區除外)並支援三區、苗栗及十一區彰化地區。康谷更正為鹿谷，武登更正為東光。	相關文敘已於文中修正，請詳見 P2-27。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(6/17)

審查意見		處理情形
2.	P2-28 國姓建請刪除。	相關文敘已於文中修正，請詳見 P2-28。。
3.	P2-29 表 2-16 彰雲投過於簡略，請補充(集集淨水場出水能力為 12 萬噸)。	表 2-16 為列出中部區域引用地面水之淨水場，因集集淨水場引用水源為地下水，故不納入。
4.	P2-31 圖 2-8 卓蘭區更正為卓蘭鎮。	卓蘭鎮屬於苗栗地區，故已於圖中移除。
5.	P5-25 武登更正為東光。	相關文敘已於文中修正，請詳見 P5-25。
<b>水利署中區水資源局 林工程司志堅</b>		
1.	P2-37 表 2-18 中部區域歷史工業用水量之單位為 4 立方公尺/年，99 年台中地區之用水量為 130.18 千立方公尺/年，但 P3-20 表 3-3 台中地區 100 年中成長工業用水量為 17 萬噸/日，約 62,050 千立方公尺/年，相差太大。是否單位有誤，請說明。	已將內文中之工業用水量單位修改為萬立方公尺/年。
2.	P3-2 表 3-1 中部區域未來人口數，自來水抄見率及自來水普及率，表中雲林地區 96 年度之每人每日用水量為 2,235 升/人/日，是否有誤。	相關誤植處已修訂，請詳見表 3-1。
3.	P5-44 頁及表 5-27 頁南投地區之 DPD 之 A1B 為 1355.7~1500.5；A2 為 6042.2~6687.3；B1 為 0，為何差異這麼大，請說明。	由於南投地區主要水源為地下水，水源較為穩定，故當標的需求量小於地下水供水量時，則無缺水之虞，即 DPD 等於零，但當標的需求量大於地下水供水量時，則每天皆會缺水，由於 DPD 指標會對於連續缺水會明顯反應，故造成 DPD 指標值有飆漲之趨勢。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(7/17)

審查意見	處理情形
4. 台中市生活用水之 DPD 介於 1061~1319，其危害度皆為 3，且台中市各區人口密度>3937.27，其脆弱度都為 5 級，為何風險度超過 3 只有西屯區及北屯區？請說明。	風險度地圖已重新繪製，請詳見 P5-65~5-76。
5. P5-36 表 5-20 內容缺舊台中市之中、東、西、北、南、西屯、北屯、南屯等區之資料，請補充。	業已依委員意見補充各區資料，請詳見表 5-20 中。
水利署水源經營組 盧正工程司瑞興	
1. 摘表 1、表 3-2 中部區域各縣市目標年生活用水量推估成果，建議亦推估氣候變遷各情境影響之增減量列於表中呈現。	若將增減量納入表格中，將造成表格欄位過多，不易納入頁面排版，故建議仍維持原表格內容，惟於文敘中補充增量說明，修改內容請詳見 P3-14
2. 摘表 4~5、表 4-12~13 各縣市氣候變遷缺口分析表中，建請考量台中市於氣候變遷各情境之區域支援量，是否仍需以固定量支援？或以整體區域調度可行性表列出建議。	本計畫假設區域支援量不受氣候變遷影響，以”中部區域水資源經理基本計畫”建議之區域支援量進行分析。
3. 建請將中部區域相關流域概述納入第貳章呈現。	本計畫已增補中部地區六大流域概述，請詳見第貳章第一節第(二)小節。
4. 中部區域傳統水資源方案與新興水源方案建議及優先執行行動計畫初步建議，建議並將福田污水處理廠放流水再生利用納入考量。	業依委員意見納入福田污水處理廠進行分析。
5. 成果報告內容，建請與其他計畫再研議確認必要內容呈現格式與方式。	本計畫已依總計畫建議之格式撰寫，以期各區之格式內容統一。
6. 部份圖示建議考量放大、彩印之。部份頁碼請統一置於頁底置中。	遵照辦理，相關圖示將修訂大小或改以彩印方式，以期讀者可以清楚了解。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(8/17)

審查意見	處理情形
國家災害防救科技中心 劉俊志 (書面意見)	
1.	<p>摘-3 頁，第五行，”在 A1B 情境下，苗栗地區生活用水量成長 3.7 萬立方公尺/日”，請加註推估的目標年。倒數第六行，”台中地區生活用水零成長”，似乎語意有誤，容易誤解為從現在到目標年的台中地區生活用水量零成長。根據 3-8 頁的文字，應該是指每人每日生活用水量與水利署推估 120 年每人每日生活用水量的修正量為零。</p>
2.	<p>2-16 頁，第八行，表 2-17 應為表 2-7。3-2 頁，請定義 LPCD120。3-3 頁，僅使用十年資料做未來每人每日生活用水推估的 GDP 與溫度修正，所得結果是否足夠具代表性？</p>
3.	<p>3-5 頁，溫度修正時所使用的溫度是年平均溫度亦或是年最高溫？請明確說明。此外文中提到溫度差值的計算是以後一年資料減去前一年的溫度，但是有趣的是，圖 3-6~圖 3-10 中，除了台中地區有兩個點的溫度差值大約為 0，其餘的溫度差直都大約 -2~-4 度之間，表示自民國 90 年至民國 99 年之間所使用的溫度資料(年平均溫度?)為逐年下降兩度至四度，請問看法為何？另請加註所使用的溫度資料來源與測站位置。</p>

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(9/17)

審查意見	處理情形
<p>4. 本計畫花費許多人力蒐集中部水資源分區之基礎資料以及供水系統圖，並使用 Vensim 軟體建置之，據以進行後續 DPD 與 SI 指標之計算。然於期末報告初稿中，各縣市之供水系統圖及 Vensim 圖似乎呈現比例過少，建議補齊或置於附錄。</p>	<p>已內文中增加以系統動力模式建置說明及示意圖，詳見第三章第三節。</p>
<p>5. GWLF 以及管網分析均有驗證說明，試問 Vensim 供水系統模式是否有任何驗證。</p>	<p>系統動力模式(Vensim)主要為模擬推估中部區域水資源調配系統之供水能力。本計畫分析結果與前期報告分析結果雷同，足以驗證 Vensim 模式可正確呈現中部區域之水源調配規則，詳見表 3-26。</p>
<p>6. 表 5-27，表 5-28，表 5-31、表 5-32 及表 5-33 之現況與氣候變遷情境下，DPD 與 SI 指標有多數為 0，試問其結果顯示中部縣市均無缺水潛勢，或是有其他解釋？</p>	<p>南投地區之 DPD 與 SI 指標為零係因為其主要水源為地下水，能提供穩定供水量之緣故。</p>
<p>7. 本研究使用 Taiwap 之 WGEN 工具合成個網格點之獨立日氣象資料，當進行水資源供需分析時，日氣象資料會有空間不連續之情況(部分有極端降雨，部分為無降雨)，因此進行 DPD 與 SI 計算時，是否會有明顯低估的現象？(實際乾旱現象發生時，DPD 與 SI 極為嚴重，而且日氣象資料在空間上有一置低降雨之情況，且持續一段時間)試問是否有任何建議可作為後續計畫之改進方向？</p>	<p>日雨量合成繁衍時，各區採用相同亂數種子進行合成，故各區豐枯情況會有相似趨勢，不會造成空間有不連續情況發生。</p>

# 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(10/17)

審查意見	處理情形
環興工程顧問股份有限公司 陳經理啟明	
1. 本公司將協助署內彙整氣候變遷計畫成果，情境等呈現方式，建議各計畫間互相整合。	本計畫已與其他兩區(東區及北區)計畫不定期舉行內部工作會議討論，以加強計畫間之整合。
本所水資源規劃課 蔡課長展銘	
1. 需求水量分析內農業用水以 Taiwap 推估，請進一步增補於附錄，另河川地面水流量，地下水潛能量等請比照敘明及增補，且本報告內摘表 1 內之目標年及比較差異之基礎為何？摘圖 2 內之改變率定義為何？	灌溉需水量模式說明已補充於附錄十，地表及地下水潛能量推估方法說明請詳見第參章第三節，摘表 1 之差異量係指氣候變遷下生活用水量相較於基期之生活用水量之變化量。摘圖 2 改變率係指氣候變遷下灌溉需水量相較於基期之灌溉需水量之變化率。相關說明已補充於摘要。
2. 可運用水量內所謂開發潛能(或開發潛能)與供水能力之定義？後者係考量「供水系統限制」所指為何？其水源調配模式應請敘明及增補，另地面水系以現有計畫做比較對照(如摘表 3)，唯其如何由「供水潛能與 5 大河川流域系統為主」未為「供水能力以永和山、明德、天花湖、烏嘴潭、湖山等水源設施為主」請加強敘明或修訂。	<p>(1) 公共供水潛能量主要為評估各河系之公共用水最大開發潛能量，此潛能量不考量供水系統的限制，僅以地表水天然入流量扣除下游農業保留水量與生態基流量得之。供水系統供水能力主要考量供水系統限制(例如：水庫運用規線、水庫蓄水量供給規則、管線限制、淨水場處理能力)、下游農業保留水量及生態基流量之條件下，以缺水指數 SI 符合某一標準下評估此供水系統之供水能力。</p> <p>(2) 水源調配模擬原則說明詳見第參章第三節第(一)小節第 2 點。</p> <p>(3) 由於公共供水潛能量係計算河川供給農業用水與生態基流量後之剩餘流量，不考量供水系統(如水庫)限制，故以河川流域為主呈現，供水系統供水能力係考量水源設施供應下之供水能力，故以縣市為主表達。</p>

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(11/17)

審查意見	處理情形
3. 各縣市缺水潛勢（危害度）係以 EPANET 及 Vensim 等兩大模式分析，請加強敘明方法及系統圖，以利對照比較。	危害度之分析流程請詳見圖 5-5，相關文敘說明請詳見第五章第二節。
4. 第柒章所提水資源調適方案除傳統水源外，尚請增加新興水源部份（如福田水再生案）另所建議優先推動依序為彰化海淡、濁水溪河口堰及溪州人工湖。亦請敘明其工程內容及實際的可行性。	業已依委員意見納入福田汙水處理廠，各調適方案說明請詳見第柒章第一節。
5. 「摘要」內容應針對分析原則方法精簡摘述，並依各章順序敘明，「建議」應請增加本計畫或成果提出建議。（如模式、空間、時間不確定性。）	摘要與建議內容已重新撰寫，請詳見報告。
6. 歷次會議意見研處納入兩次各區計畫聯繫會議，決議及處理。另中區經理、國家氣變調適改革綱領和行動方案宜納入。	歷次聯繫會議記錄已納入附錄，請詳見附錄六及附錄七
本所水資源規劃課 曾副研究員榮松	
1. 請依本所格式，逐章撰寫摘要，結論與建議酌予精簡。	摘要及結論與建議內容已依貴所格式重新撰寫，請詳見報告。
2. 有關台中地區行政區域及缺水情況等相關分析如 P.2-27 及表 5-20 等，請依新五都行政局域名稱修訂及分析，以符實況。	業已依委員意見修定五都行政局最新公布之區域名稱，請詳見表 5-20 及圖 2-8。
3. 有關溫度差值與每日人均用水量差值之迴歸分析圖，以 X 軸溫差採負值表示，與其他兩標(北部及東部)不一致，請說明原因或修正。	本計畫溫度修正方法採用與北區及東區相同之方式修訂，即溫度差值以後筆資料減前筆資料之方式兩兩相減，故若前後年之溫度為遞減，則會有負值產生。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(12/17)

審查意見	處理情形
4. P.5-12 有關水頭損失計算方式，採用海生，威廉式公式，為配合自來水公司統一用語，請修訂為哈生，威廉式公式。	業已依委員意見統一修訂為哈生，威廉式公式。
5. 有關缺水風險分析分為五級，危害度與脆弱度乘積與風險分級之關係，請補充說明。	缺水風險分析中，危害度、脆弱度與風險度分級關係已於文中說明，詳見第五章第三節。
6. 有關調適方案多準則評估排序，相關評估原則、評估基準、計算方式舉例，另即時性評估之工期，有否考量規劃期程，請補充說明。	已補充多準則評估排序之成對比較矩陣計算方式說明，請詳見第七章第七節。即時性評估則依各調適方案之工期長短評斷，不考量方案實際上市場運作之期程。
7. 有關缺口分析表之「實際供水缺水」為與氣候變遷供水缺口對應請改為「經濟成長供水缺口」並請將雲林、彰化分別分析，以符實需。	本計畫所提之實際供需缺口係指考量”經濟成長”與”氣候變遷”雙重影響下之缺口，非單指經濟成長，惟為避免讀者誤解，已修正為”供需缺口總量”。另已將雲林、彰化分別分析。分析結果詳見第四章第二小節。
8. 有關簡報所提烏嘴潭人工湖供水量及減抽地下水量資料，請洽本課承辦人確認。	業已依委員意見修正地下水減抽量。請詳見第七章第一節。
9. 請依民國 101 年 10 月 19 日座談會結論，修訂相關報告內容，如移撥農業用水為短期應急措施，不列為長期調適方案等，請逐一檢核修訂。	業已依委員意見修正，農業用水移用不納入長期調適方案。
10. 有關水資源調適策略檢核機制，及因應情境改變之調適方案檢討內容，請再詳予補充。	相關內容已重新撰寫，請詳見第七章第九節。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(13/17)

審查意見	處理情形
本所水資源規劃課 畢副研究員嵐杰	
<p>1. 請補充可運用水分析之計算方式，並與水利署核定各流域之總量管制水量分析比較。</p>	<p>水源調配模擬原則已於文中說明，請詳見第參章第三節(2)。供水能力分析結果已與前期報告進行比較，比較結果請詳見表 3-26。</p>
<p>2. 氣候變遷之缺口分析：                      (1)建議各縣市分別計算，以利與水源供需分析圖對應。                      (2)雲彰地區之地下水核減量應以奉院核定之「雲彰地區地層下陷具體解決方案暨行動計畫」之數據核算目標年之供水缺口。                      (3)分析成果呈現方式請再考量，並建議不足請於備註欄補充說明。</p>	<p>(1) 氣候變遷供水缺口已依計畫範圍中之五大縣市分別計算。分析成果請詳見第肆章第二節。                      (2)雲彰地下水減抽量已依經濟部水資源審議委員會審議修訂後之”臺灣中部區域水資源經理基本計畫”進行修訂。                      (3)供需缺口不足量，將提調適方案補足，本計畫建議之調適方案分析請詳見第柒章第五節。</p>
<p>3. 缺水風險地圖                      (1) Vensim + EPANET 應有原水及清水分析水量，並有具體之建議設施（如原水管、清水管及設施間聯合調配之建議）。                      (2)EPANET 目標年應有天花湖水庫之雙合淨水場及輸水管線、烏嘴潭人工湖之烏嘴潭淨水場及輸水管線，以利評估，水源設施上場前後對於區域供水及地下水源之成效及合理性。                      (3)調適前後缺水風險地圖之比對(如供水風險降低、回復力提升等)。</p>	<p>(1) Vensim + EPANET 之分析目的為將水資源調配求得之縣市缺水情況，轉換至鄉鎮市區之缺水情況，若 DPD 指數過高，將提出調適方案因應，相關調適方案研擬請詳見第柒章第一節。                      (2) EPANET 目標年 120 年已考慮雙合淨水場、烏嘴潭淨水場及其輸水管線，以利評估水源設施上場後對於區域供水及地下水源之成效及合理性。                      (3) 經與其他兩區(北區及東區)討論後，風險地圖統一呈現有、無考量水資源經理計畫下之風險地圖，以比較其差異。</p>

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(14/17)

審查意見	處理情形
<p>4. 調適策略</p> <p>(1)以永續發展為前提，至各流域不影響河川機能及既有用水人權益下調度開發為擬訂調適策略之基本原則。</p> <p>(2)中區基本經理計畫所列各項措施皆為可能調適策略之一，UKCIP僅能評估各方案「相對」關係，採用何項方案之調適應為排程問題，重點在於供水缺口何時發生，何處發生？以及可能方案所處位階(初步、可行性或環評通過?)效用、效益、公平、彈性與永續皆已於個案計畫調整考量。</p>	<p>(1)本計畫調適方案透過多準則評估法後擇定之，其中多準則評估已含有永續性評估。</p> <p>(2)調適策略評估方法已在三區討論會中決議，採用 UKCIP 之四項指標進行多準則評估。</p>
本所水資源規劃課 顏助理研究員世偉	
<p>1. P.4-61~62 表 4-12，本計畫之氣候變遷情境採 A1B 最劣情況，係以 DPD 指標進行選擇，與本署現行採 S.I.進行供水量之推估有差異。如採 DPD 呈現情境衝擊，未來如何與 S.I.指標下的供水缺口進行對應，宜補充。</p>	<p>根據三區共同討論會決議，A1B 最劣情況係採風險度決定之，惟在後續建議方案組合時，本計畫亦以滿足 A1B 最大供需缺口總量分析做為策略組合之條件。調適方案組合建議請詳見第柒章第八節。</p>
<p>2. 本計畫以分析 A1B、A2、B1 三個情境下之 5 個模式的氣候變遷衝擊成果，並採 A1B 最劣情境來研擬調適策略，惟其他情境之衝擊亦建議能考量氣候變遷之不確性，研擬初步調適作為。</p>	<p>根據三區共同討論會決議，採用 A1B 最劣情境進行調適策略量化分析，惟本計畫亦將針對 A2 最劣情境提出調適策略定性分析。相關分析請詳見第柒章第八節。</p>
<p>3. 本計畫業已完成 A1B 最劣情境下之風險地圖，如何將調適策略實施成效反映在風險地圖中，建議補充。</p>	<p>經與其他兩區(北區及東區)討論後，風險地圖統一呈現有、無考量水資源經理計畫下之風險地圖，以比較其差異。請詳見第五章第四節。</p>

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(15/17)

審查意見	處理情形
4.	氣候變遷各情境下有眾多模式，選用之模式有其專業性，建議成果之對外展示上以 B1、A1B、A2 來陳述情境衝擊為宜。
處理情形	根據三區共同討論會決議，採用 A1B 最劣情境進行調適策略量化分析，並作為對外展示之用。
5.	P4-56~57 為地表水潛能量分析成果，成果顯示中港溪、後龍溪的供水潛能皆明顯上升，與 P4-49~50 頁圖 4-32~33 情境下之河川流量減少似乎矛盾，建議檢核。
處理情形	圖表有所誤植，已於文中修訂，請詳見表 4-12。
6.	衝擊評估成果已經出爐，各地區之供水缺口較預期增加，因此建議調適策略納入推動中之福田水再生計畫，以利氣候變遷下計畫之推動。
處理情形	業已依委員意見納入福田汙水處理廠，請詳見第柒章第二節。
7.	P3-71 之表 3-26 及 P.4-57 中港溪後龍溪供水能力係屬各流域單獨運用後相加之結果，建議避免使用”聯合運用”字眼，以免誤解。
處理情形	相關誤植部分已於內文中修訂。
8.	P5-36 表 5-20 管網分析中的台中市缺水分佈矩陣中缺少台中市人口密集區域：東、中、南、北、北屯、西屯、南屯等區。建議再補充。
處理情形	相關遺漏內容已補充於表 5-20 中。
9.	報告書格式、摘要及結論與建議，建議再修正。重要成果圖建議在正式報告時可適當以彩色列印。氣候變遷相關名詞如：情境、降尺度模式、現況、基期等建議用詞精準，並能夠統一。
處理情形	成果報告將以彩色列印呈現，另氣候變遷專有名詞已於文中統一。
10.	P.4-61 表 4-12 中，大安大甲溪系統保留農業灌區 20 萬 CMD 建議能適當呈現。
處理情形	業已依委員意見納入大安大甲溪之農業灌區保留量。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(16/17)

審查意見		處理情形
11.	P.3-63 之表 3-25 公共供水潛能量推估表，缺少烏溪之資料，宜說明考量或再補充。有關本計畫執行期間所蒐集之資料，請收錄於成果光碟。	已增補烏溪公共供水潛能量推估，分析成果請詳見表 3-25。
12.	P.3-62 內文提到表 3-25、3-26 與表之內容對應似有不妥，建議再檢核。P4-64 表 4-14 標題與表格內容不符，建議再在檢核。	內文與表格數據已統一，請詳見表 3-25 及表 3-26。
13.	本報告引用之「臺灣中部區域水資源經理基本計畫」(101 年 2 月版)尚未奉核，建議註明為(稿)。另外 101 年 10 月 19 日座談會議記錄建議納入附錄呈現。	已將文中引用報告名稱加註為(稿)。另座談會會議紀錄已納入附件。詳見附錄六及附錄七。
<b>結論</b>		
1.	本期末簡報及正式報告書初稿原則認可，請參酌各委員及單位代表意見納入修訂，並於 11 月 30 日前提送正式報告修訂稿 1 式 3 份至水源課，憑辦後續事宜。	感謝委員認可，已於 11 月 30 日繳交正式報告書初稿(修定稿) 1 式 3 份。
2.	請依據風險評估所擬定之調適策略請考量經理基本計畫、區域供水情況及各方案上場順序後做適當修正。本計畫提出之策略較屬多元供應部分，是否可增加其他如管理層面之策略請再考量。	本計畫調適策略研擬已多元化水源開發與節約用水(管理面)為主軸，相關研擬方案請詳見第柒章第二節。
3.	目前選氣候變遷 A1B 情境擬定調適策略，請執行團針對較悲觀的 A2 情境擬定調適方案補充原則敘述及說明。	已針對 A2 最劣情境提出調適方案建議。請詳見第柒章第八節。
4.	本計畫評估氣候變遷情境下各水資源系統供水能力，其假設條件及評估流程等請詳述於報告內。	水資源供水能力評估方式與假設條件已於第參章第三節(2)說明。

## 「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」期末簡報暨期末報告書審查意見及處理情形(17/17)

審查意見		處理情形
5.	報告格式呈現請參考林教授辦理全區計畫之格式，統一呈現方式。本計畫座談會及彰化雲林調適方案部分請再確認補充。報告書圖表呈現請改善或以彩色列印。	已依據全區計畫，統一呈現方式，計畫座談會會議紀錄請詳見附錄六-七。成果報告將已彩色列印方式呈現。
6.	文獻回顧及各國調適對策請確認是否為氣候變遷擬定。並區分為三大類：政策面、工程面、管理面分別敘明。	業依委員意見將國外調適對策區分為政策面、工程面及管理面，請詳見第參章表 3-22。

「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」委託服務計畫報告書修正稿工作會議意見及處理情形

壹、時間：民國 101 年 12 月 7 日(星期五)上午 9 時 30 分

貳、地點：本所彰化辦公區三樓研討室

參、主持人：曾副研究員榮松

記錄：顏世偉

審查意見	處理情形
1.	調適策略及強化因應方案請依「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」期末會議結論，增補不後悔調適策略，並製作有無氣候變遷之情況下調適策略對照表。
2.	調適策略對照表詳見摘要摘表 8。
	以依查意見修訂報告內文。
	俾據以辦理後續相關作業程序。

## 附錄二 中部區域各鄉鎮區人口密度統計表

附表 2-1 中部區域各鄉鎮區人口密度統計表(1/2)

縣市層級	鄉鎮層級	人口密度 (人/平方公里)	縣市層級	鄉鎮層級	人口密度 (人/平方公里)
苗栗縣	苗栗市	2,401.17	臺中市	中區	25,527.66
	苑裡鎮	709.33		東區	7,966.08
	通霄鎮	347.90		南區	16,689.77
	竹南鎮	2,139.13		西區	20,575.19
	頭份鎮	1,860.90		北區	21,280.99
	後龍鎮	512.02		西屯區	5,183.26
	卓蘭鎮	240.53		南屯區	4,919.70
	大湖鄉	174.44		北屯區	3,937.27
	公館鄉	489.01		豐原區	4,016.88
	銅鑼鄉	245.18		大里區	6,847.09
	南庄鄉	65.69		太平區	1,432.45
	頭屋鄉	218.44		東勢區	453.63
	三義鄉	251.84		大甲區	1,339.51
	西湖鄉	188.38		清水區	1,334.25
	造橋鄉	284.64		沙鹿區	2,015.16
	三灣鄉	137.94		梧棲區	3,328.05
	獅潭鄉	60.27		后里區	920.99
	泰安鄉	9.62		神岡區	1,819.20
	南投縣	南投市		1,461.83	潭子區
埔里鎮		528.77		大雅區	2,771.44
草屯鎮		964.06	新社區	372.16	
竹山鎮		237.84	石岡區	877.30	
集集鎮		243.39	外埔區	755.75	
名間鄉		500.66	大安區	741.05	
鹿谷鄉		136.55	烏日區	1,583.04	
中寮鄉		111.86	大肚區	1,505.98	
魚池鄉		143.45	龍井區	1,957.90	
國姓鄉		119.31	霧峰區	652.29	
水里鄉		190.78	和平區	10.35	
信義鄉		12.20			
仁愛鄉		12.29			

附表 2-1 中部區域各鄉鎮區人口密度統計表(2/2)

縣市層級	鄉鎮層級	人口密度 (人/平方公里)
雲林縣	斗六市	1,140.20
	斗南鎮	978.60
	虎尾鎮	1,018.66
	西螺鎮	973.97
	土庫鎮	621.69
	北港鎮	1,037.57
	古坑鄉	204.44
	大埤鄉	471.89
	莿桐鄉	599.35
	林內鄉	524.42
	二崙鄉	498.05
	崙背鄉	467.65
	麥寮鄉	461.90
	東勢鄉	347.01
	褒忠鄉	384.59
	台西鄉	484.73
	元長鄉	402.24
	四湖鄉	346.14
	口湖鄉	377.72
	水林鄉	396.75
彰化縣	彰化市	3,600.03
	鹿港鎮	2,162.18
	和美鎮	2,246.75
	線西鄉	947.60
	伸港鄉	1,610.80
	福興鄉	980.99
	秀水鄉	1,333.19
	花壇鄉	1,270.73
	芬園鄉	652.65
	員林鎮	3,133.92
	溪湖鎮	1,750.48
	田中鎮	1,273.35
	大村鄉	1,188.84
	埔鹽鄉	888.00
	埔心鄉	1,685.95
	永靖鄉	1,902.73
	社頭鄉	1,238.54
	二水鄉	561.05
	北斗鎮	1,740.67
	二林鎮	580.94
	田尾鄉	1,191.43
	埤頭鄉	743.17
	芳苑鄉	397.45
	大城鄉	297.08
	竹塘鄉	390.60
	溪州鄉	416.08

### 附錄三 中部區域各鄉鎮區耕地面積統計表

附表 3-1 中部區域各鄉鎮區耕地面積統計表(1/2)

縣市層級	鄉鎮層級	水田面積 (公頃)	統計年份 (西元)	縣市層級	鄉鎮層級	水田面積 (公頃)	統計年份 (西元)
臺中市	中區	-	2010	南投縣	南投市	768.00	2008
	東區	-	2010		埔里鎮	2,981.00	2008
	南區	17.00	2010		草屯鎮	2,901.00	2008
	西區	-	2010		竹山鎮	1,716.00	2008
	北區	-	2010		集集鎮	473.00	2008
	西屯區	428.00	2010		名間鄉	1,316.00	2008
	南屯區	318.50	2010		鹿谷鄉	809.00	2008
	北屯區	337.13	2010		中寮鄉	306.00	2008
	豐原區	539.26	2010		魚池鄉	1,142.00	2008
	大里區	557.04	2010		國姓鄉	954.00	2008
	太平區	44.86	2010		水里鄉	404.00	2008
	東勢區	1,320.84	2010		信義鄉	568.00	2008
	大甲區	4,475.42	2010		仁愛鄉	479.00	2008
	清水區	2,028.49	2010		苗栗縣	苗栗市	17,737.00
	沙鹿區	121.83	2010	苑裡鎮		27,985.00	2005
	梧棲區	517.62	2010	通霄鎮		26,026.00	2005
	后里區	1,301.30	2010	竹南鎮		15,597.00	2005
	神岡區	1,099.36	2010	頭份鎮		24,189.00	2005
	潭子區	872.13	2010	後龍鎮		27,368.00	2005
	大雅區	1,099.28	2010	卓蘭鎮		14,887.00	2005
	新社區	479.14	2010	大湖鄉		12,084.00	2005
	石岡區	278.80	2010	公館鄉		18,629.00	2005
	外埔區	2,113.25	2010	銅鑼鄉		12,375.00	2005
	大安區	1,978.64	2010	南庄鄉		5,307.00	2005
	烏日區	1,387.12	2010	頭屋鄉		6,221.00	2005
	大肚區	739.07	2010	三義鄉	7,527.00	2005	
龍井區	1,189.58	2010	西湖鄉	8,238.00	2005		
霧峰區	1,711.30	2010	造橋鄉	7,550.00	2005		
和平區	0.00	2010	三灣鄉	5,649.00	2005		
				獅潭鄉	5,091.00	2005	
				泰安鄉	5,166.00	2005	

附表 3-1 中部區域各鄉鎮區耕地面積統計表(2/2)

縣市層級	鄉鎮層級	水田面積 (公頃)	統計年份 (西元)
彰化縣	彰化市	1,460.15	2010
	鹿港鎮	1,852.54	2010
	和美鎮	1,887.62	2010
	線西鄉	700.65	2010
	伸港鄉	1,196.74	2010
	福興鄉	2,920.16	2010
	秀水鄉	1,605.20	2010
	花壇鄉	805.19	2010
	芬園鄉	898.30	2010
	員林鎮	1,111.98	2010
	溪湖鎮	1,834.65	2010
	田中鎮	1,549.27	2010
	大村鄉	1,399.49	2010
	埔鹽鄉	2,448.86	2010
	埔心鄉	1,246.90	2010
	永靖鄉	1,217.76	2010
	社頭鄉	1,443.96	2010
	二水鄉	1,236.49	2010
	北斗鎮	1,270.28	2010
	二林鎮	4,720.19	2010
	田尾鄉	1,534.50	2010
	埤頭鄉	2,433.62	2010
	芳苑鄉	3,583.86	2010
大城鄉	2,767.58	2010	
竹塘鄉	2,375.21	2010	
溪州鄉	3,566.15	2010	

縣市層級	鄉鎮層級	水田面積 (公頃)	統計年份 (西元)
雲林縣	斗六市	3,687.98	2010
	斗南鎮	2,916.00	2010
	虎尾鎮	3,196.05	2010
	西螺鎮	1,909.03	2010
	土庫鎮	3,139.38	2010
	北港鎮	2,846.66	2010
	古坑鄉	1,828.83	2010
	大埤鄉	2,935.94	2010
	莿桐鄉	3,411.84	2010
	林內鄉	1,840.10	2010
	二崙鄉	3,530.02	2010
	崙背鄉	2,865.06	2010
	麥寮鄉	2,206.72	2010
	東勢鄉	3,039.67	2010
	褒忠鄉	2,440.55	2010
	台西鄉	2,021.15	2010
	元長鄉	5,115.04	2010
	四湖鄉	5,092.90	2010
	口湖鄉	3,259.53	2010
	水林鄉	3,261.78	2010

## 附錄四 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表

附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(1/7)

單位：千元

地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值
苗栗縣	苗栗市	生產淨額	生產總額	28,993,825	6,254,076
			生產毛額	15,144,719	1,773,283
	苑裡鎮	生產淨額	生產總額	11,084,429	7,060,388
			生產毛額	4,620,139	2,047,345
	通霄鎮	生產淨額	生產總額	13,642,215	10,610,084
			生產毛額	3,007,256	1,454,764
	竹南鎮	生產淨額	生產總額	124,250,269	112,824,907
			生產毛額	43,449,499	36,891,259
	頭份鎮	生產淨額	生產總額	43,323,031	28,473,832
			生產毛額	15,437,474	6,358,739
	後龍鎮	生產淨額	生產總額	14,746,616	10,422,639
			生產毛額	5,653,846	3,322,288
	卓蘭鎮	生產淨額	生產總額	1,305,334	207,728
			生產毛額	679,527	60,601
	大湖鄉	生產淨額	生產總額	1,306,423	279,534
			生產毛額	749,244	99,349
	公館鄉	生產淨額	生產總額	4,161,018	1,505,324
			生產毛額	2,012,017	484,309
	銅鑼鄉	生產淨額	生產總額	16,486,498	14,920,304
			生產毛額	4,736,297	3,824,535
南庄鄉	生產淨額	生產總額	1,536,096	531,238	
		生產毛額	624,999	124,830	
頭屋鄉	生產淨額	生產總額	1,648,851	503,041	
		生產毛額	846,112	182,987	
三義鄉	生產淨額	生產總額	35,018,159	27,447,452	
		生產毛額	9,448,207	5,945,086	

附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(2/7)

單位：千元

地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值	
苗栗縣	西湖鄉	生產淨額	生產總額	1,041,352	553,198	
			生產毛額	441,946	194,395	
	造橋鄉	生產淨額	生產總額	8,628,570	7,339,744	
			生產毛額	2,817,429	2,066,701	
	三灣鄉	生產淨額	生產總額	748,818	391,755	
			生產毛額	315,662	106,698	
	獅潭鄉	生產淨額	生產總額	362,868	138,287	
			生產毛額	184,225	59,315	
	泰安鄉	生產淨額	生產總額	509,546	-	
			生產毛額	295,648	-	
	臺中市	中區	生產淨額	生產總額	29,818,318	1,135,059
				生產毛額	15,640,825	440,989
東區		生產淨額	生產總額	38,224,401	20,978,223	
			生產毛額	17,287,731	6,646,502	
南區		生產淨額	生產總額	44,265,739	15,433,961	
			生產毛額	21,390,187	4,749,814	
西區		生產淨額	生產總額	84,194,512	22,500,323	
			生產毛額	39,265,112	5,717,360	
北區		生產淨額	生產總額	87,737,394	4,361,260	
			生產毛額	52,384,371	1,619,137	
西屯區		生產淨額	生產總額	315,352,326	211,494,975	
			生產毛額	133,247,265	70,216,703	
南屯區		生產淨額	生產總額	96,614,238	43,968,877	
			生產毛額	44,668,502	13,463,074	

附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(3/7)

單位：千元

地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值
臺中市	北屯區	生產淨額	生產總額	80,059,831	19,361,567
			生產毛額	41,012,303	5,998,447
	豐原區	生產淨額	生產總額	76,256,936	48,914,900
			生產毛額	34,735,681	16,582,505
	東勢區	生產淨額	生產總額	9,125,129	1,942,389
			生產毛額	5,380,709	936,221
	大甲區	生產淨額	生產總額	75,171,350	61,664,357
			生產毛額	28,124,280	19,470,519
	清水區	生產淨額	生產總額	30,068,163	17,475,324
			生產毛額	11,451,295	4,561,878
	沙鹿區	生產淨額	生產總額	34,729,417	18,300,300
			生產毛額	15,049,357	4,916,458
	梧棲區	生產淨額	生產總額	76,592,079	52,291,713
			生產毛額	23,409,283	10,522,880
	后里區	生產淨額	生產總額	44,740,534	38,752,292
			生產毛額	12,701,252	9,073,817
	神岡區	生產淨額	生產總額	75,659,980	65,114,321
			生產毛額	28,373,951	21,701,920
	潭子區	生產淨額	生產總額	153,334,833	141,597,497
			生產毛額	65,425,182	58,579,323
	大雅區	生產淨額	生產總額	77,005,230	63,611,840
			生產毛額	25,885,165	17,556,600
	新社區	生產淨額	生產總額	3,667,746	2,220,249
			生產毛額	1,272,604	519,219
	石岡區	生產淨額	生產總額	5,818,287	3,951,619
			生產毛額	1,854,532	831,592
	外埔區	生產淨額	生產總額	12,428,479	9,863,873
			生產毛額	4,429,552	2,983,758
	大安區	生產淨額	生產總額	5,584,449	4,156,117
			生產毛額	2,245,648	1,494,177
烏日區	生產淨額	生產總額	40,477,418	30,645,866	
		生產毛額	13,994,360	8,592,248	
大肚區	生產淨額	生產總額	30,294,105	24,401,092	
		生產毛額	8,911,480	5,656,082	

附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(4/7)

單位：千元

地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值
臺中市	龍井區	生產淨額	生產總額	29,394,344	20,109,767
			生產毛額	11,466,578	6,004,391
	霧峰區	生產淨額	生產總額	31,802,590	23,963,663
			生產毛額	10,824,805	6,004,391
	太平區	生產淨額	生產總額	106,686,866	87,526,219
			生產毛額	36,690,857	24,770,261
	大里區	生產淨額	生產總額	114,521,652	79,414,202
			生產毛額	43,279,704	23,268,919
	和平區	生產淨額	生產總額	1,289,852	-
			生產毛額	773,644	-
雲林縣	斗六市	生產淨額	生產總額	110,485,015	91,893,240
			生產毛額	41,501,000	33,192,458
	斗南鎮	生產淨額	生產總額	11,544,953	5,802,446
			生產毛額	5,050,357	1,593,262
	虎尾鎮	生產淨額	生產總額	16,310,258	5,232,508
			生產毛額	7,721,935	1,388,792
	西螺鎮	生產淨額	生產總額	7,015,082	2,143,476
			生產毛額	3,499,533	718,485
	土庫鎮	生產淨額	生產總額	5,223,385	2,809,860
			生產毛額	2,156,083	718,485
	北港鎮	生產淨額	生產總額	9,168,373	4,821,737
			生產毛額	4,237,735	1,333,040
	古坑鄉	生產淨額	生產總額	5,901,894	1,786,662
			生產毛額	2,807,973	791,591
	大埤鄉	生產淨額	生產總額	4,121,576	2,986,103
			生產毛額	1,576,594	827,284
	莿桐鄉	生產淨額	生產總額	6,234,559	3,708,976
			生產毛額	2,417,952	1,056,975
	林內鄉	生產淨額	生產總額	3,251,100	2,096,350
			生產毛額	1,201,173	436,883
二崙鄉	生產淨額	生產總額	2,930,544	1,158,380	
		生產毛額	1,349,628	352,167	
崙背鄉	生產淨額	生產總額	2,716,236	548,694	
		生產毛額	1,273,005	196,030	

附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(5/7)

單位：千元

地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值
雲林縣	麥寮鄉	生產淨額	生產總額	596,024,248	569,704,122
			生產毛額	124,800,541	113,690,542
	東勢鄉	生產淨額	生產總額	1,317,073	221,913
			生產毛額	733,510	77,416
	褒忠鄉	生產淨額	生產總額	2,399,779	1,239,913
			生產毛額	897,861	240,034
	臺西鄉	生產淨額	生產總額	1,596,851	266,237
			生產毛額	747,557	38,404
	元長鄉	生產淨額	生產總額	3,805,634	2,105,228
			生產毛額	1,723,394	695,023
	四湖鄉	生產淨額	生產總額	2,009,807	429,935
			生產毛額	932,677	85,966
	口湖鄉	生產淨額	生產總額	1,584,429	286,543
			生產毛額	767,356	108,005
	水林鄉	生產淨額	生產總額	2,734,051	1,110,219
			生產毛額	1,255,871	313,955
南投縣	南投市	生產淨額	生產總額	70,092,374	54,045,194
			生產毛額	22,662,726	14,301,937
	埔里鎮	生產淨額	生產總額	16,151,736	3,703,844
			生產毛額	9,157,051	1,417,615
	草屯鎮	生產淨額	生產總額	41,532,561	25,683,210
			生產毛額	15,919,429	6,494,188
	竹山鎮	生產淨額	生產總額	8,782,958	2,101,784
			生產毛額	4,667,645	770,361
	集集鎮	生產淨額	生產總額	1,736,964	420,659
			生產毛額	870,013	149,309
	名間鄉	生產淨額	生產總額	5,495,958	2,038,717
			生產毛額	2,633,727	678,664
	鹿谷鄉	生產淨額	生產總額	1,591,968	69,832
			生產毛額	944,299	43,226
	中寮鄉	生產淨額	生產總額	822,130	100,216
			生產毛額	441,521	42,913
魚池鄉	生產淨額	生產總額	2,722,501	316,342	
		生產毛額	1,591,289	65,861	

附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(6/7)

單位：千元

地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值
南投縣	國姓鄉	生產淨額	生產總額	1,203,271	172,798
			生產毛額	686,082	70,832
	水里鄉	生產淨額	生產總額	2,815,998	255,562
			生產毛額	1,603,752	92,832
	信義鄉	生產淨額	生產總額	838,270	154,633
			生產毛額	492,536	66,875
	仁愛鄉	生產淨額	生產總額	1,707,939	25,363
			生產毛額	1,028,893	12,915
彰化縣	彰化市	生產淨額	生產總額	302,082,739	248,284,124
			生產毛額	78,627,617	48,417,467
	鹿港鎮	生產淨額	生產總額	75,757,930	65,112,859
			生產毛額	23,311,140	16,675,284
	和美鎮	生產淨額	生產總額	53,580,591	44,307,214
			生產毛額	17,943,691	12,133,701
	線西鄉	生產淨額	生產總額	18,029,048	17,009,204
			生產毛額	3,859,855	3,278,814
	伸港鄉	生產淨額	生產總額	45,155,971	40,637,751
			生產毛額	10,270,529	7,878,520
	福興鄉	生產淨額	生產總額	38,013,974	34,283,910
			生產毛額	14,741,099	12,710,639
	秀水鄉	生產淨額	生產總額	23,557,097	20,197,787
			生產毛額	6,686,535	6,604,658
	花壇鄉	生產淨額	生產總額	30,605,387	24,361,610
			生產毛額	10,315,570	6,604,658
	芬園鄉	生產淨額	生產總額	4,683,006	3,477,452
			生產毛額	1,984,874	1,206,674
	員林鎮	生產淨額	生產總額	46,012,159	27,207,485
			生產毛額	18,028,450	7,193,150
	溪湖鎮	生產淨額	生產總額	16,839,645	11,276,974
			生產毛額	6,332,716	2,808,004
	田中鎮	生產淨額	生產總額	13,647,987	9,889,177
			生產毛額	5,608,990	3,526,722
大村鄉	生產淨額	生產總額	36,537,180	32,747,170	
		生產毛額	10,309,005	8,266,273	

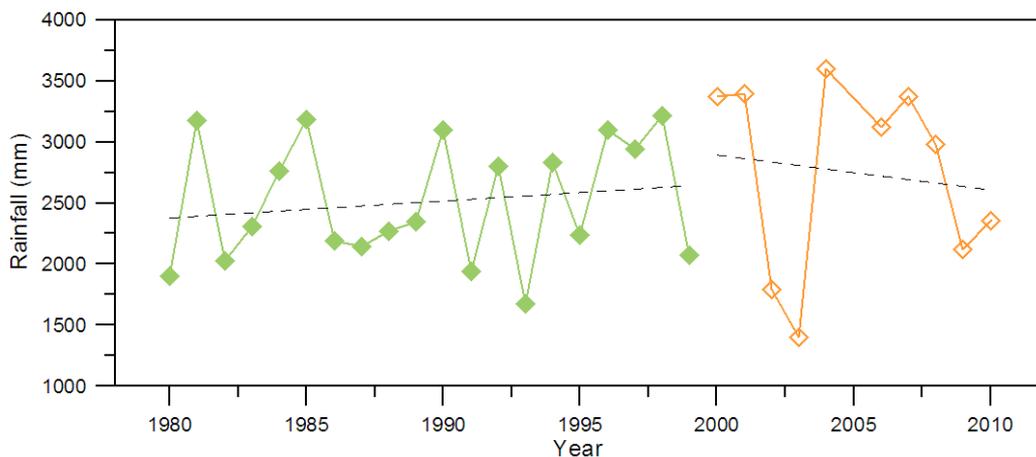
附表 4-1 中部區域各鄉鎮區製造業產值統計表(7/7)

單位：千元

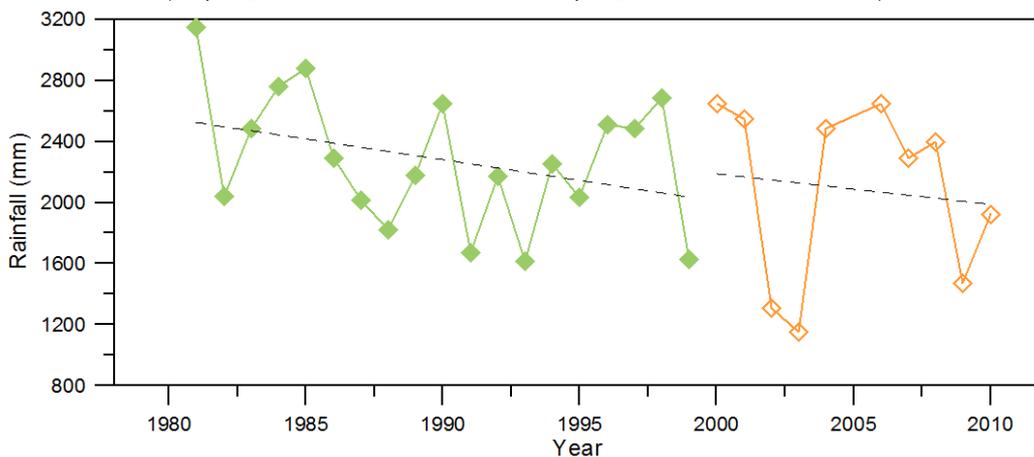
地區	縣市別	統計類別	統計指標	工商及服務業及統計值	製造業統計值
彰化縣	埔鹽鄉	生產淨額	生產總額	12,878,705	10,499,854
			生產毛額	4,196,143	3,050,522
	埔心鄉	生產淨額	生產總額	14,645,181	10,273,919
			生產毛額	5,330,654	2,743,925
	永靖鄉	生產淨額	生產總額	10,226,172	6,816,814
			生產毛額	3,400,872	1,502,364
	社頭鄉	生產淨額	生產總額	13,466,455	10,025,180
			生產毛額	4,971,481	2,869,513
	二水鄉	生產淨額	生產總額	3,584,024	2,899,417
			生產毛額	899,876	598,455
	北斗鎮	生產淨額	生產總額	13,758,640	9,735,689
			生產毛額	4,837,200	2,448,739
	二林鎮	生產淨額	生產總額	14,049,753	8,103,908
			生產毛額	5,729,870	2,202,510
	田尾鄉	生產淨額	生產總額	6,005,797	2,545,067
			生產毛額	2,290,954	637,554
	埤頭鄉	生產淨額	生產總額	14,399,865	11,905,425
			生產毛額	3,968,737	2,635,447
	芳苑鄉	生產淨額	生產總額	15,044,883	13,139,129
			生產毛額	4,584,300	3,545,195
大城鄉	生產淨額	生產總額	1,127,510	313,784	
		生產毛額	570,165	106,422	
竹塘鄉	生產淨額	生產總額	2,548,347	1,744,601	
		生產毛額	701,691	252,568	
溪州鄉	生產淨額	生產總額	23,058,412	20,337,592	
		生產毛額	4,668,305	3,278,767	

附錄五 中部區域各雨量站  
降雨特性趨勢分析結果

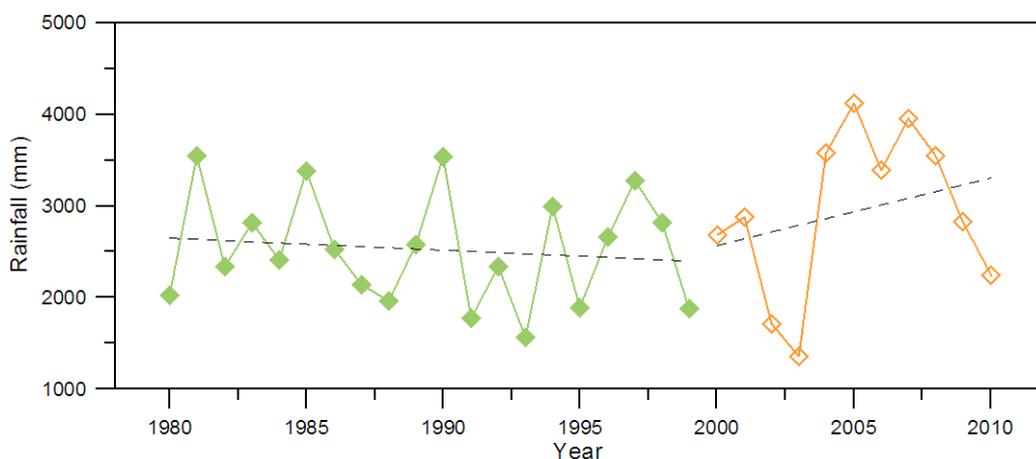
## 各測站年降雨量之趨勢分析結果



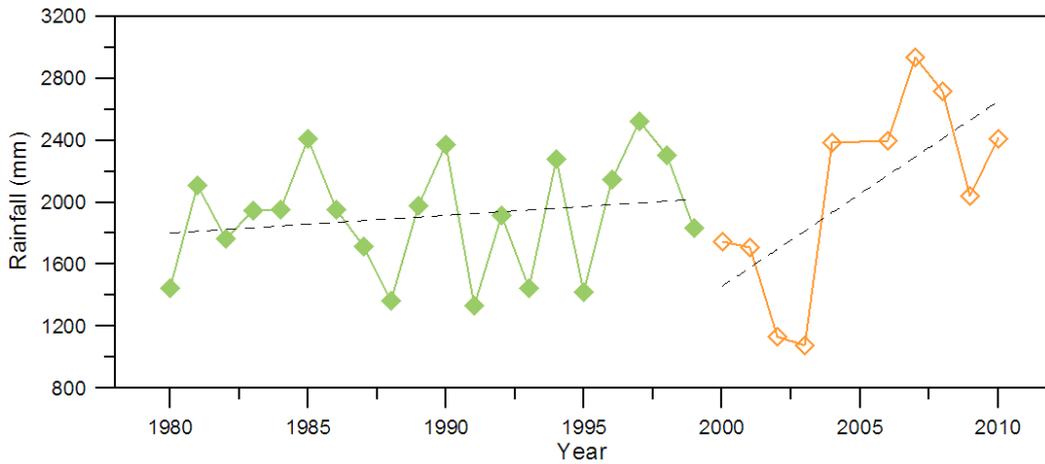
附圖5-1 南庄(1)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.03 ; 判定係數2 = 0.02)



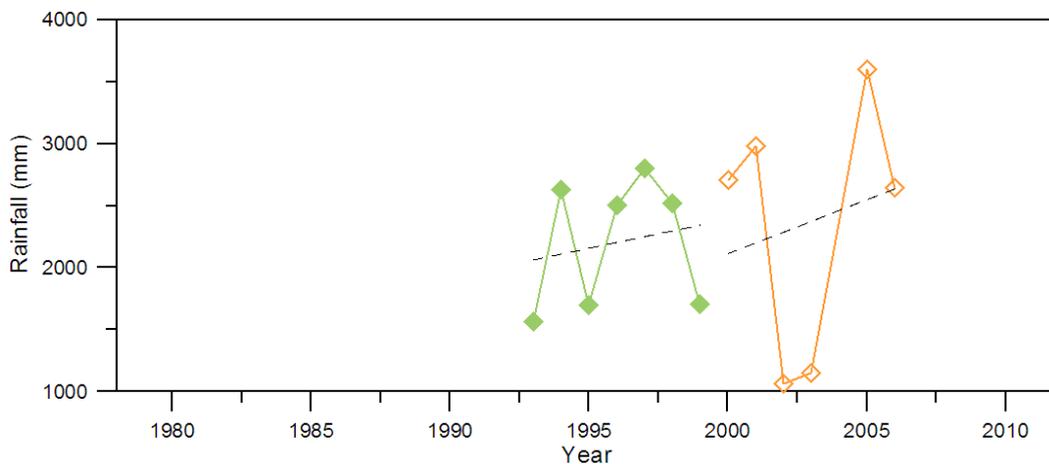
附圖5-2 大河站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.12 ; 判定係數2 = 0.01)



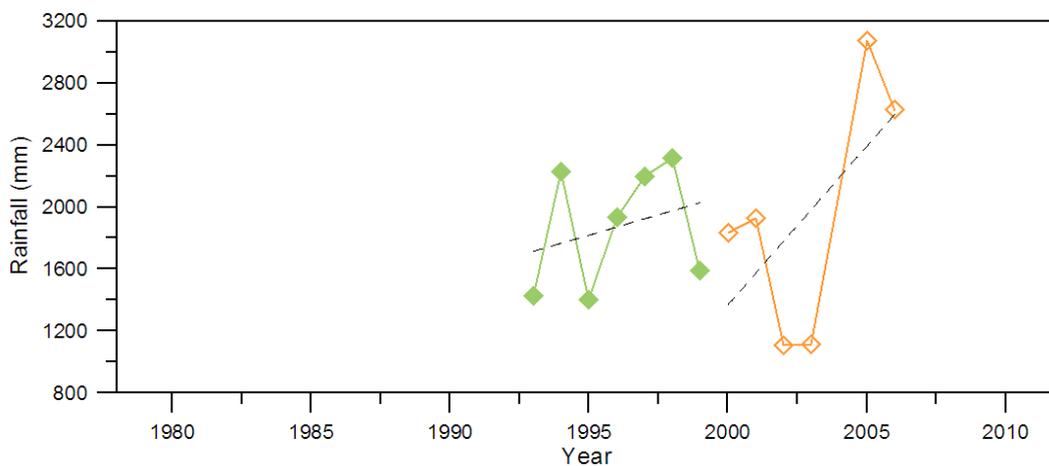
附圖5-3 橫龍山站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.02 ; 判定係數2 = 0.07)



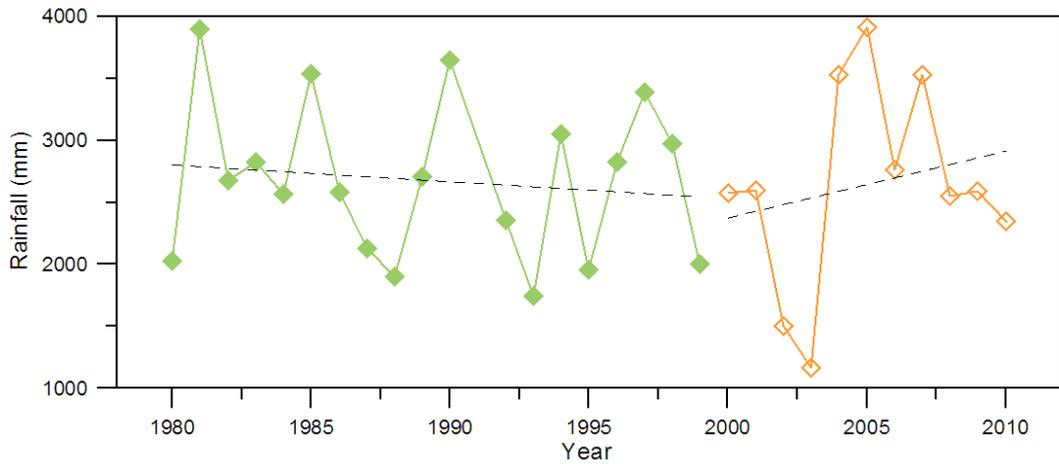
附圖5-4 卓蘭(2)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.03 ; 判定係數2 = 0.45)



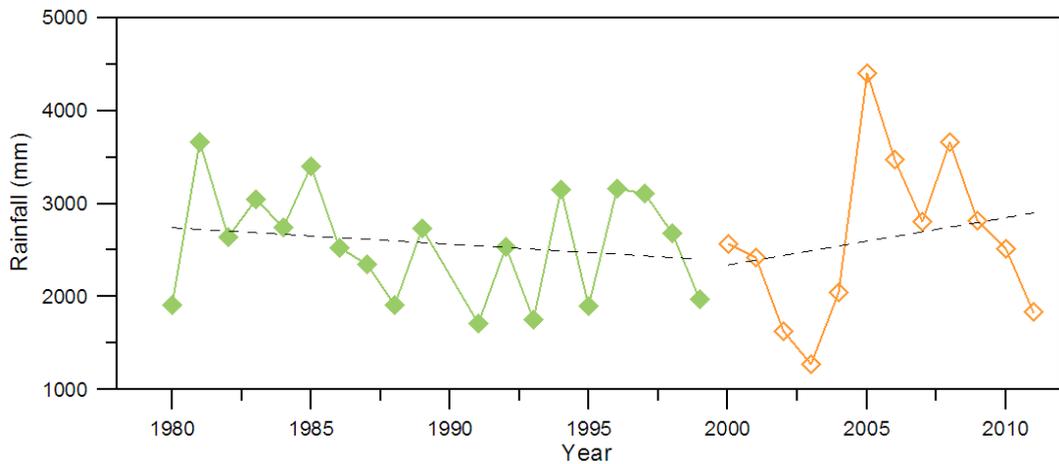
附圖5-5 坪林國小站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.04 ; 判定係數2 = 0.04)



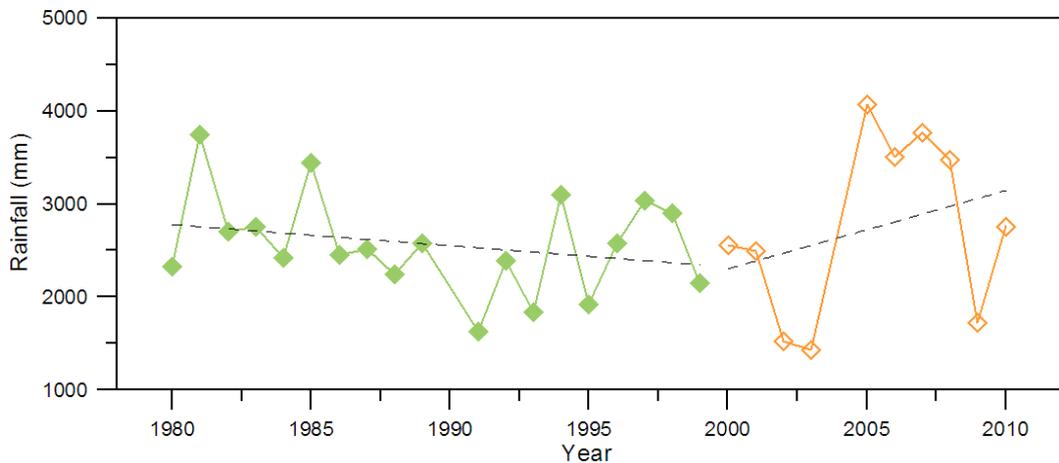
附圖5-6 新開國小站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.08 ; 判定係數2 = 0.36)



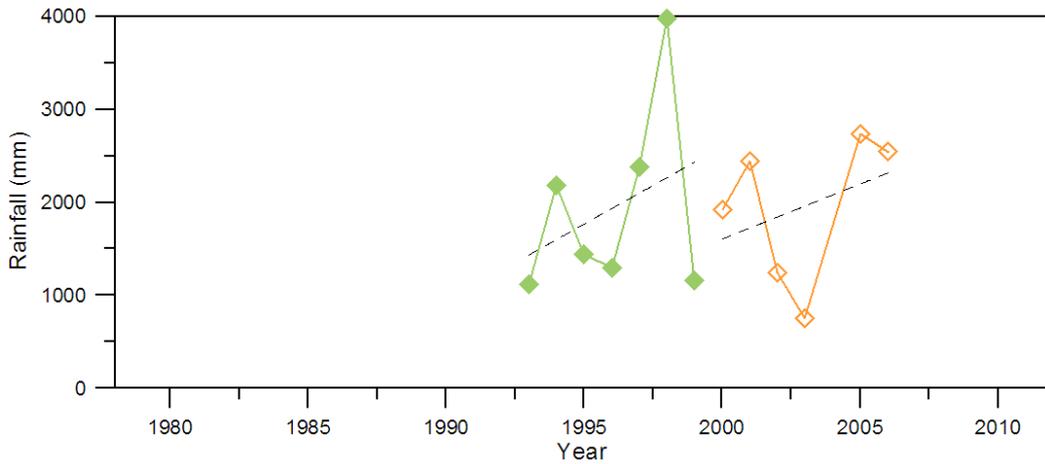
附圖5-7 松安站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 =0.02；判定係數2 =0.05)



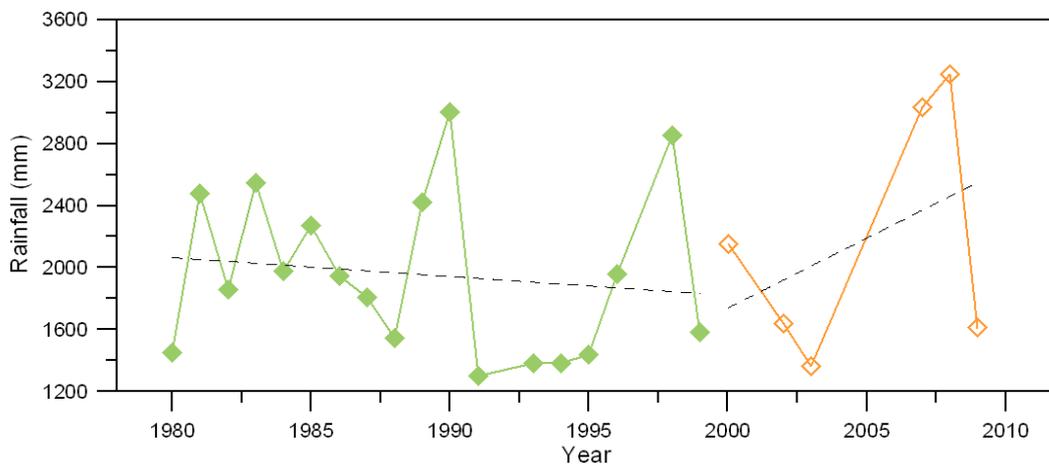
附圖5-8 象鼻(1)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 =0.03；判定係數2 =0.04)



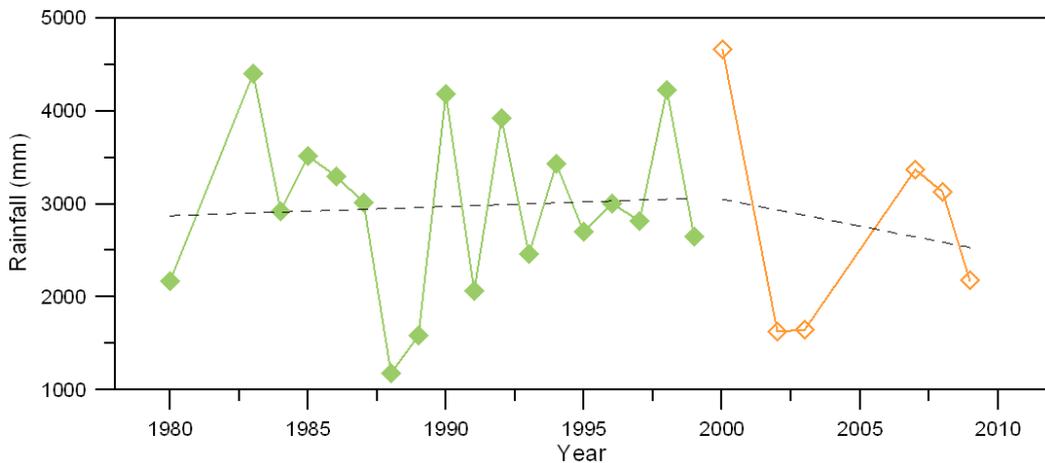
附圖5-9 雙崎(2)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 =0.07；判定係數2 =0.09)



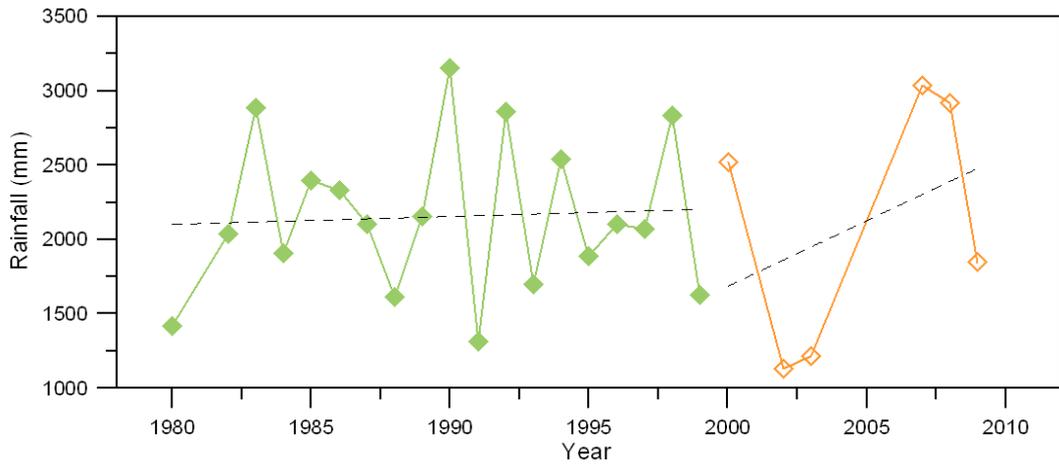
附圖5-10 鯉魚潭站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.12；判定係數2 = 0.12)



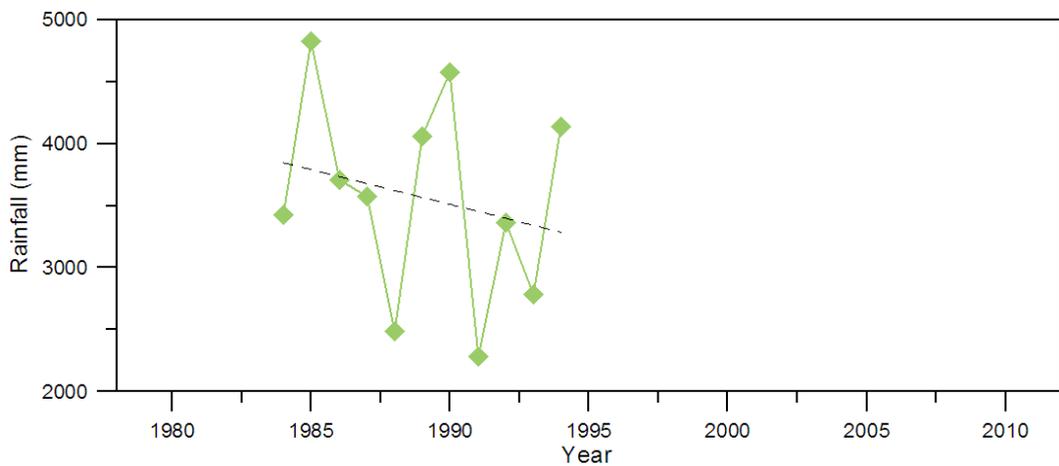
附圖5-11 桃山站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.02；判定係數2 = 0.17)



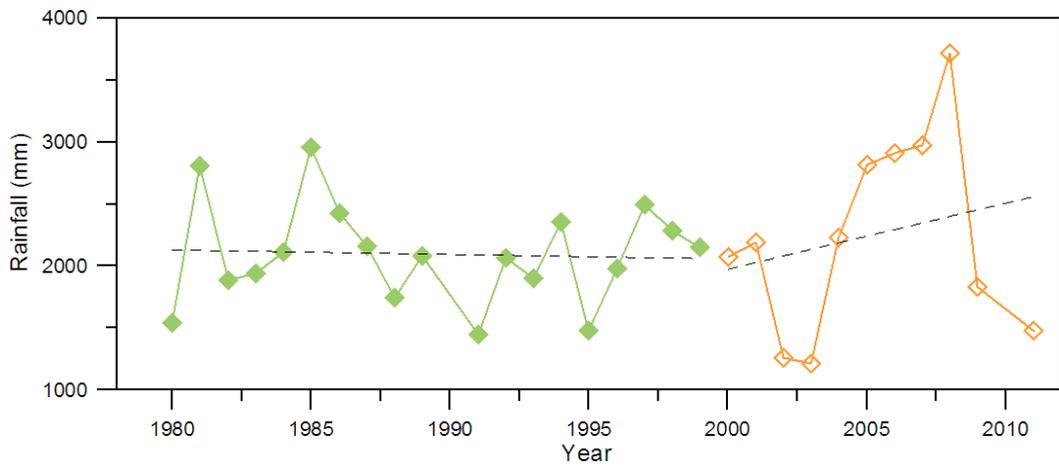
附圖5-12 合歡啞口站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00；判定係數2 = 0.03)



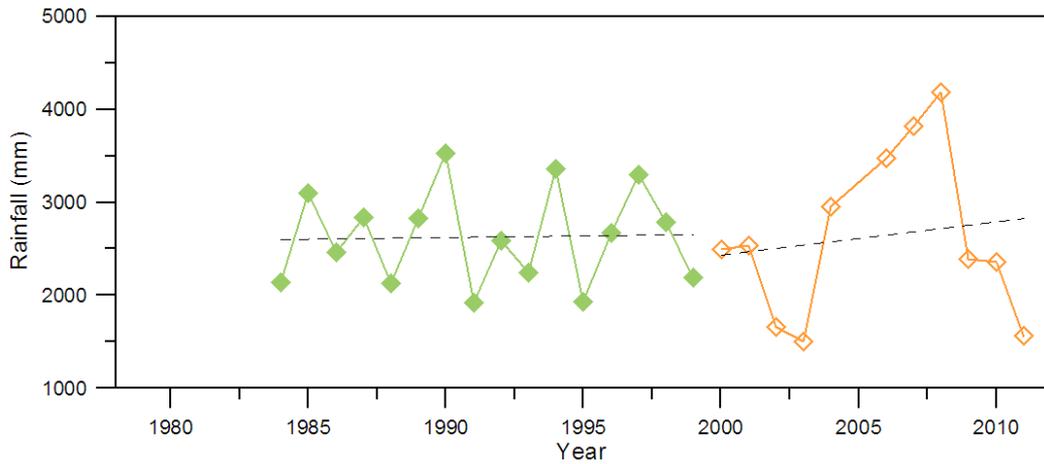
附圖5-13 松茂站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.15)



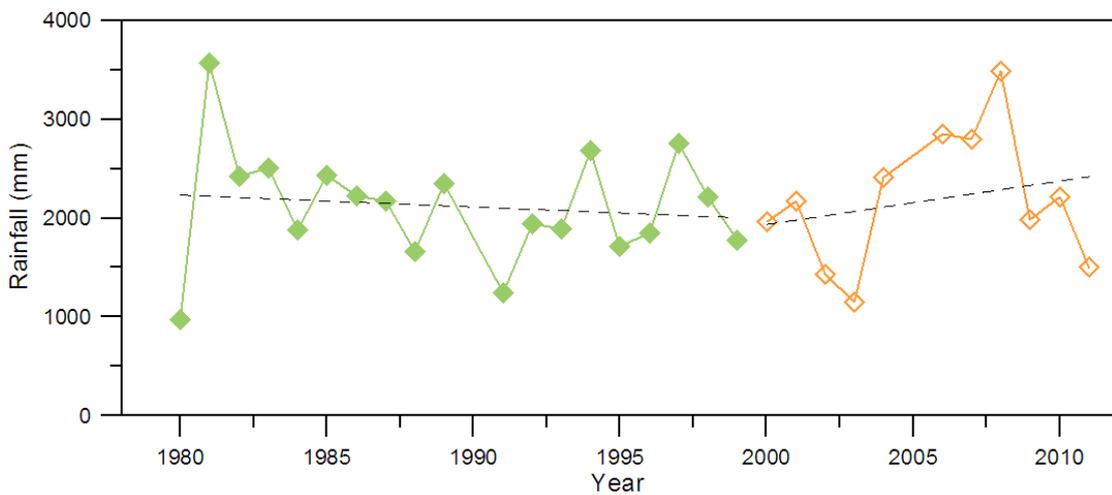
附圖5-14 凌霄站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.05 ; 判定係數2 = -0.15)



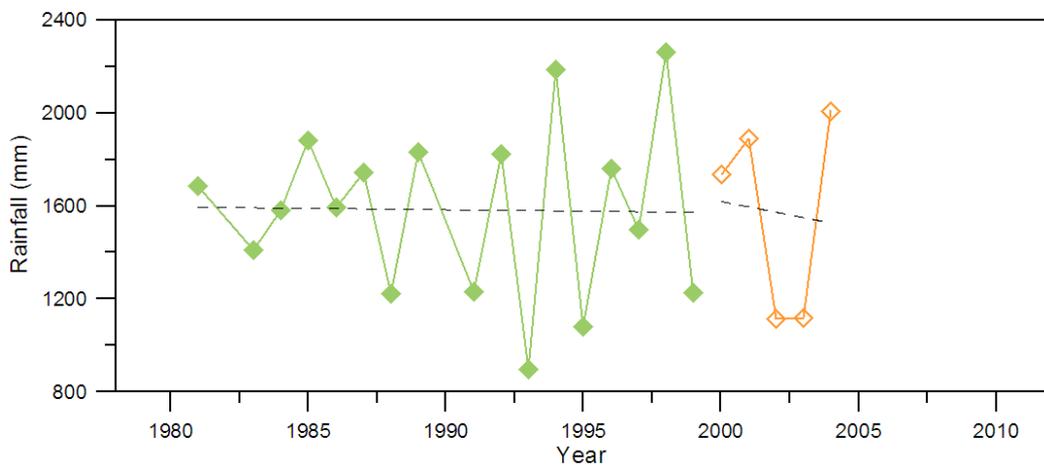
附圖5-15 北山(2)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.05)



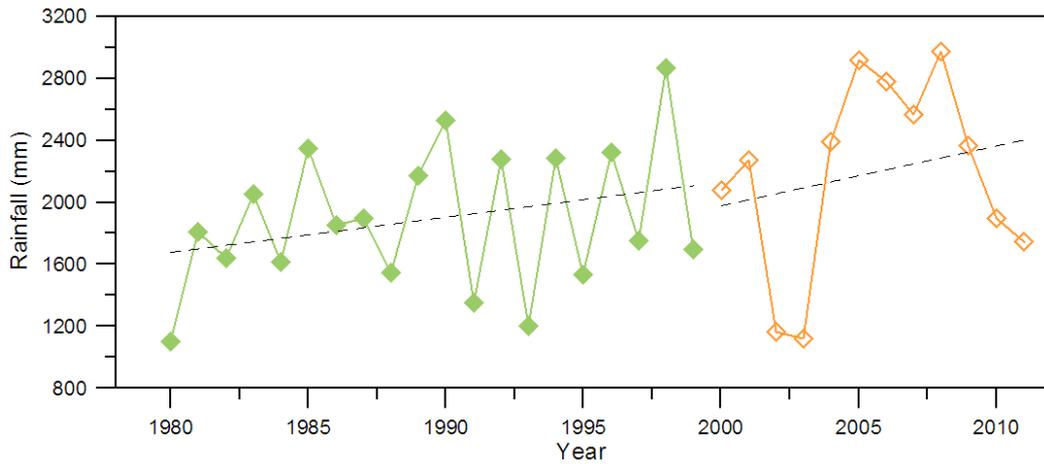
附圖5-16 惠蓀(2)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.02 )



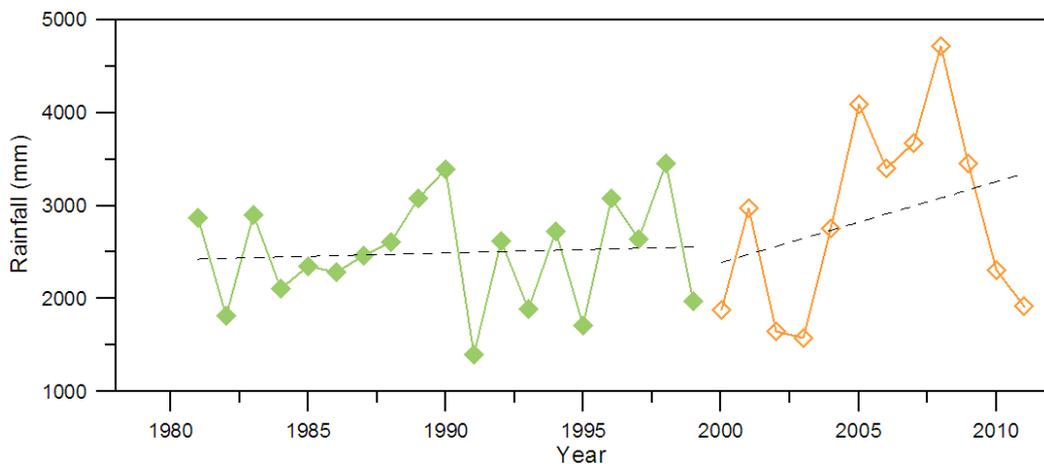
附圖5-17 清流(1)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.02 ; 判定係數2 = 0.06 )



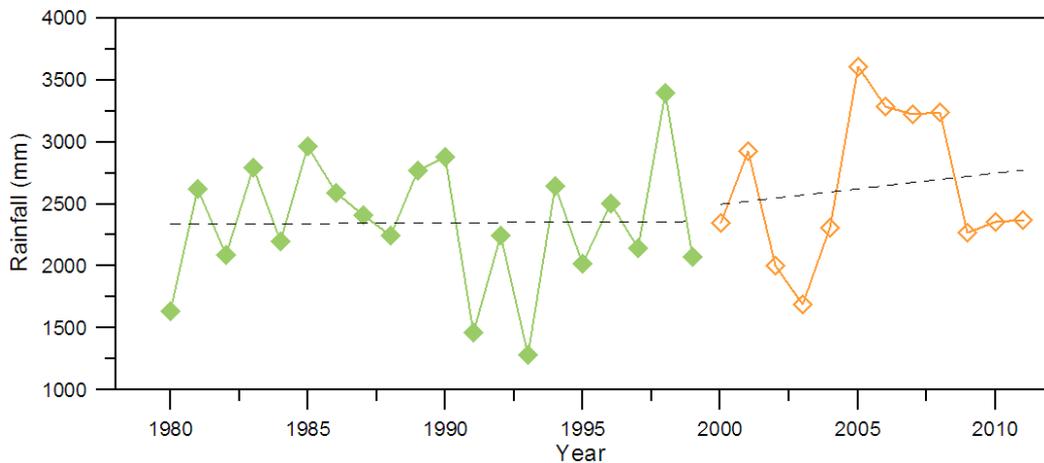
附圖5-18 卡奈托灣(2)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.01 )



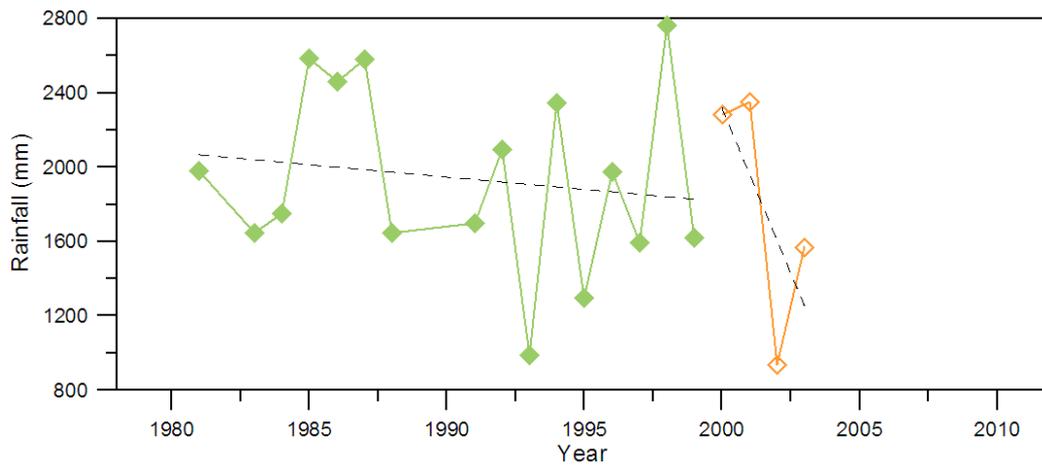
附圖5-19 東埔站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.09 ; 判定係數2 = 0.05)



附圖5-20 草嶺(2)站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.01 ; 判定係數2 = 0.09)

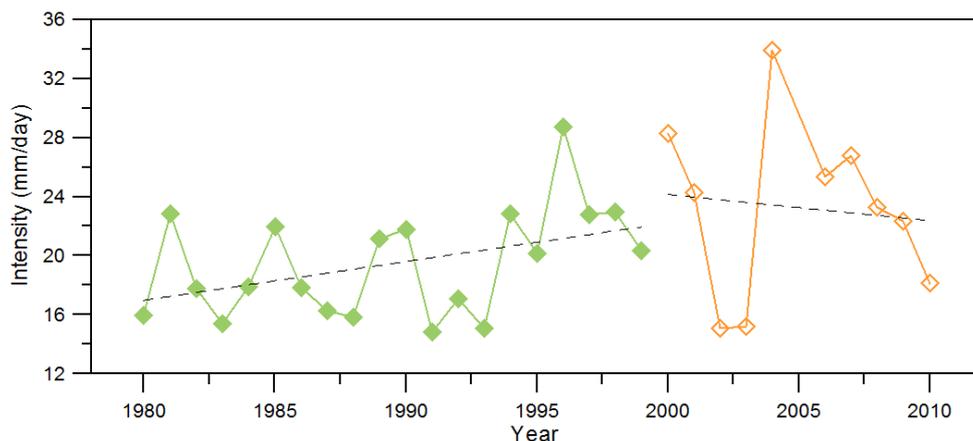


附圖5-21 西巒站年總雨量變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.02)

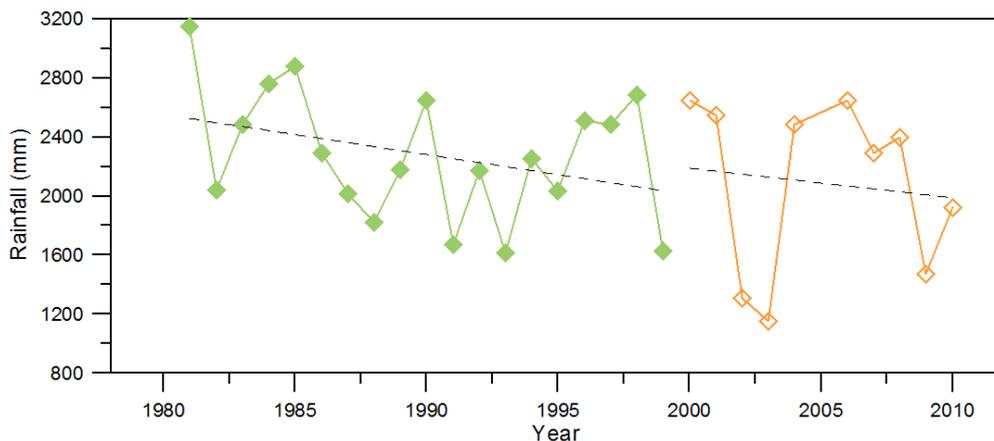


**附圖5-22 關門站年總雨量變動趨勢**  
**(判定係數1 =0.02；判定係數2 =0.47)**

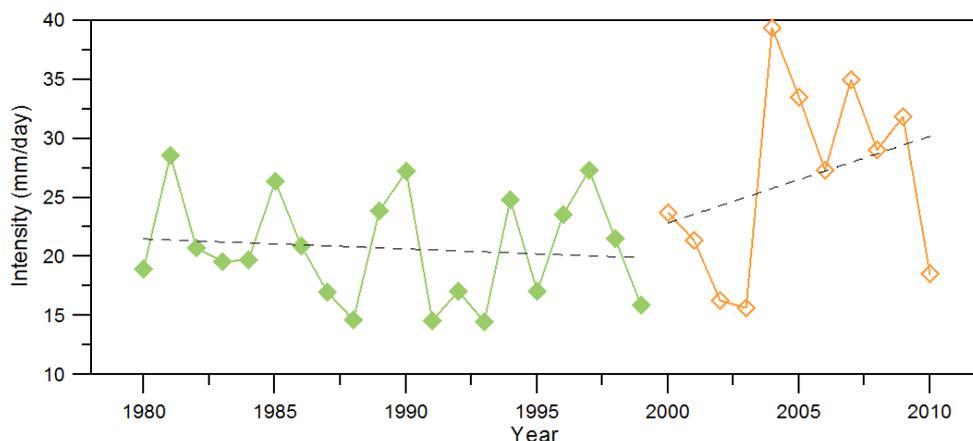
## 各測站降雨強度之趨勢分析結果



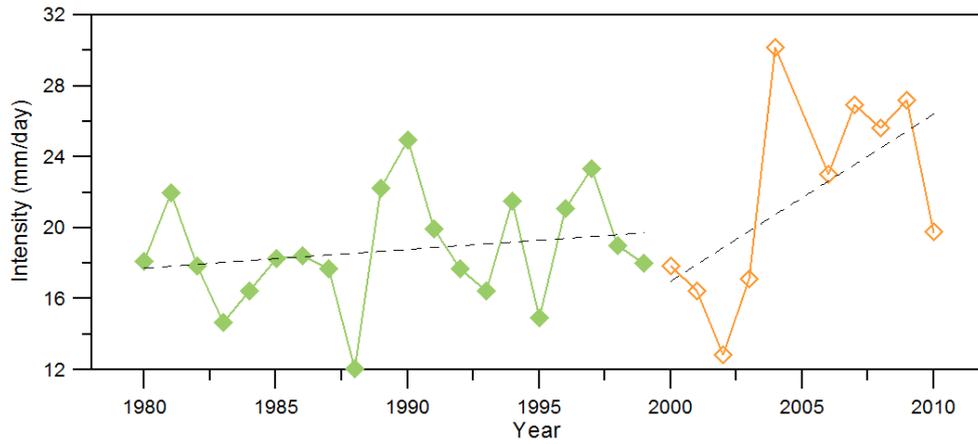
附圖5-23 南庄(1)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 =0.18；判定係數2=0.01)



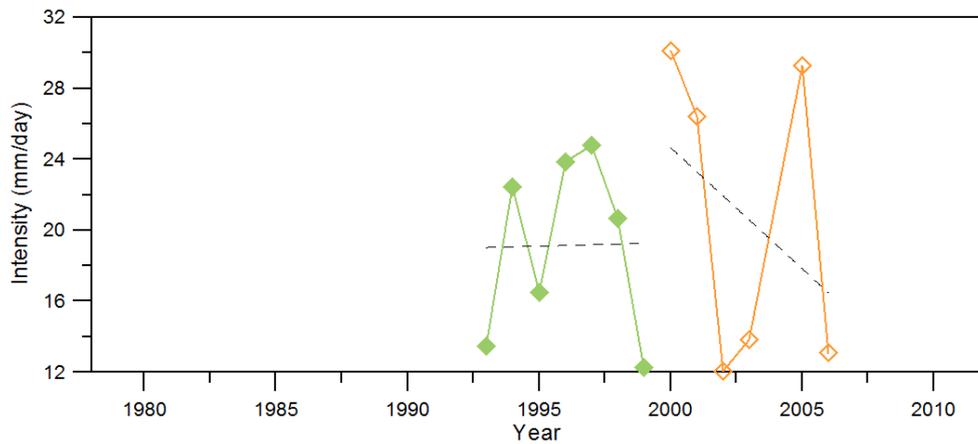
附圖5-24 大河站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 =0.12；判定係數2 =0.01)



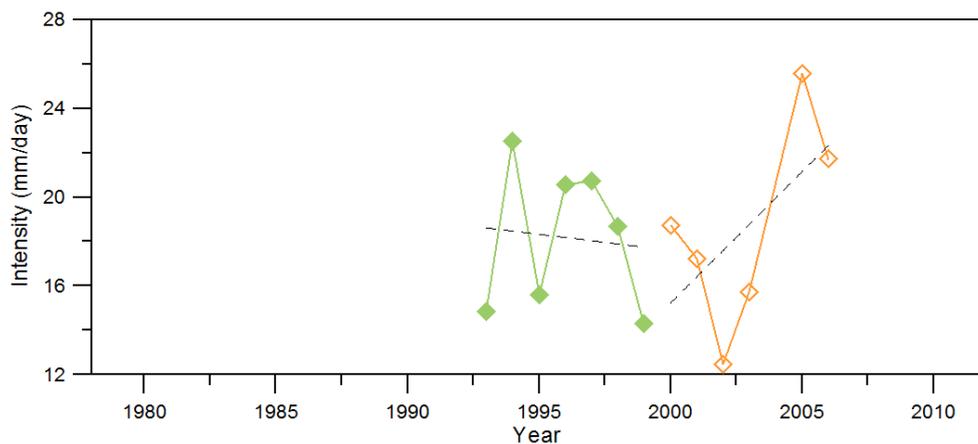
附圖5-25 橫龍山站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 =0.01；判定係數2 =0.09)



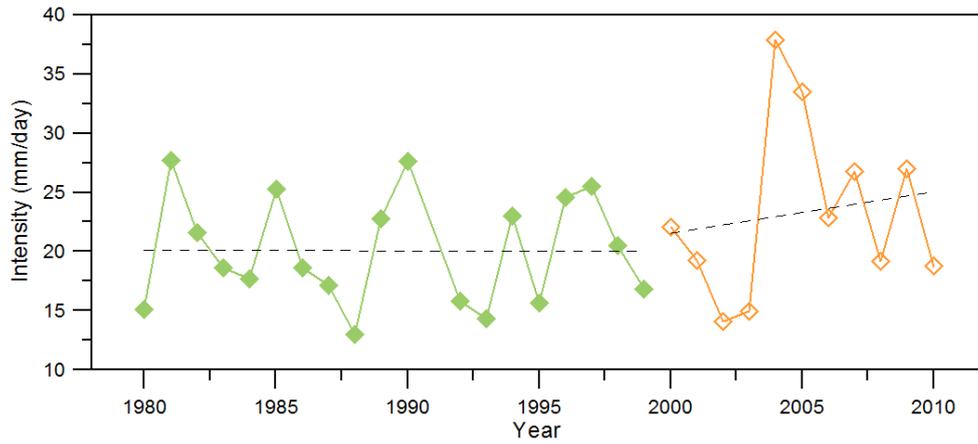
附圖5-26 卓蘭(2)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.04；判定係數2=0.33)



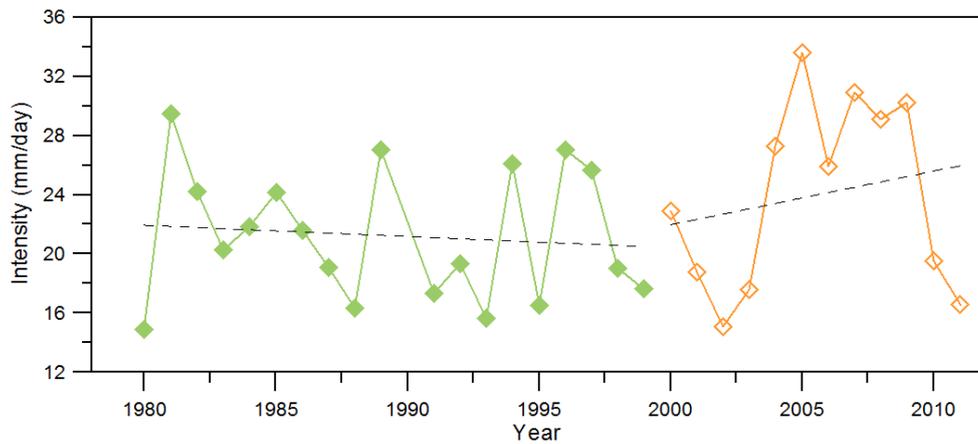
附圖5-27 坪林國小站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.00；判定係數2=0.13)



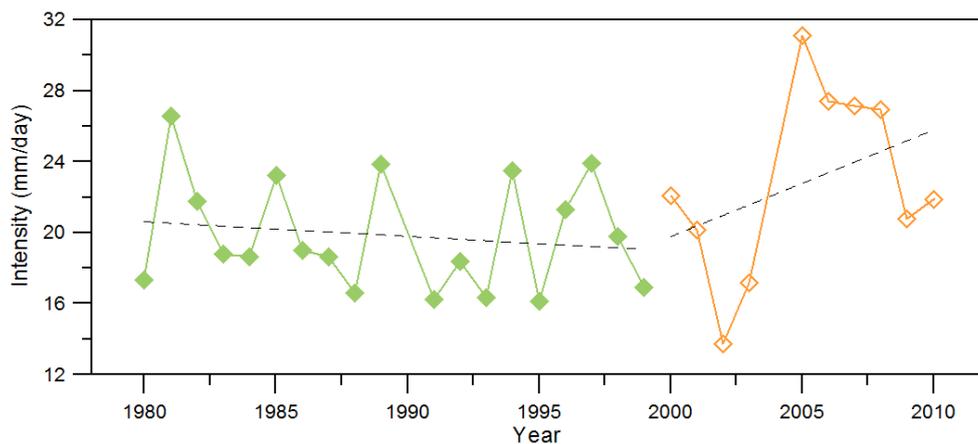
附圖5-28 新開國小站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.35)



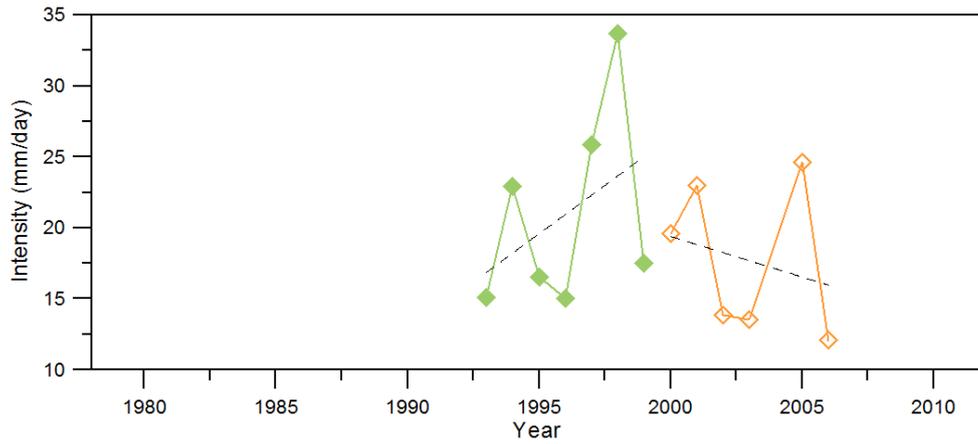
附圖5-29 松安站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.02)



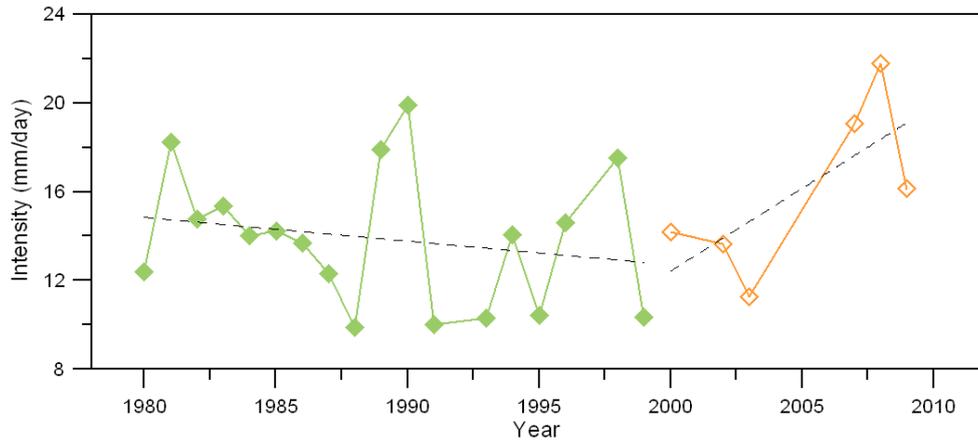
附圖5-30 象鼻(1)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 = 0.01 ; 判定係數2 = 0.04)



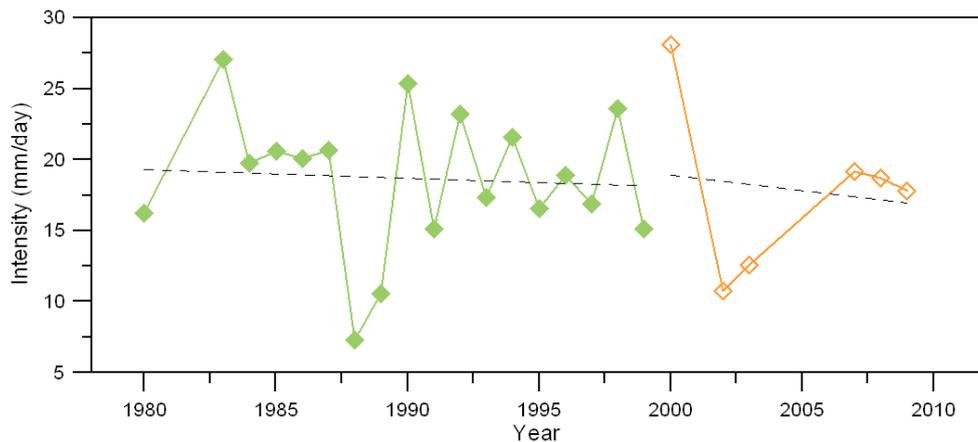
附圖5-31 雙崎(2)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 = 0.02 ; 判定係數2 = 0.16)



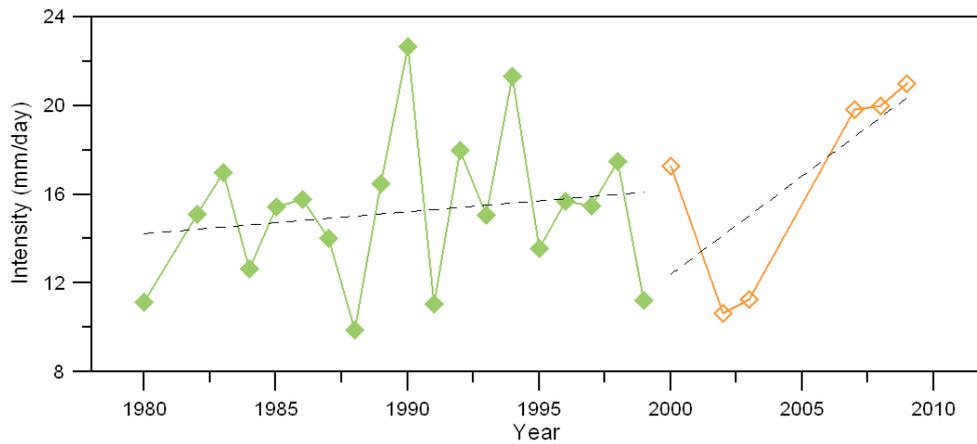
附圖5-32 鯉魚潭站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 = 0.18 ; 判定係數2 = 0.06)



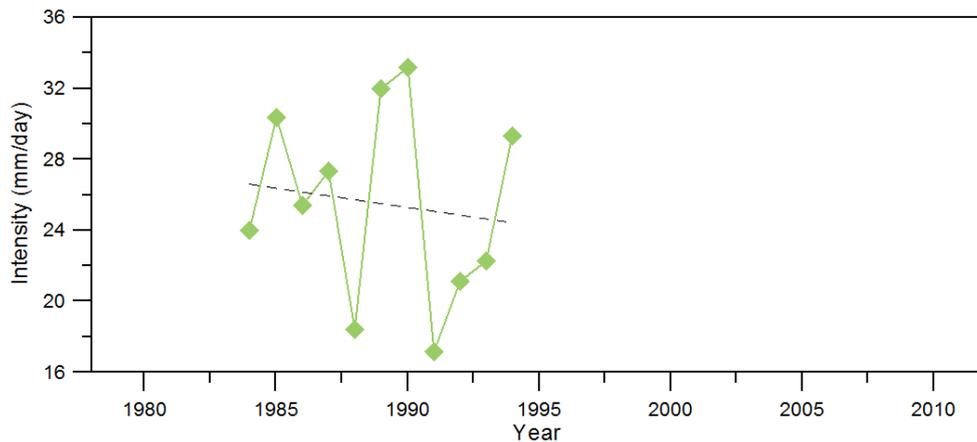
附圖5-33 桃山站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 = 0.04 ; 判定係數2 = 0.50)



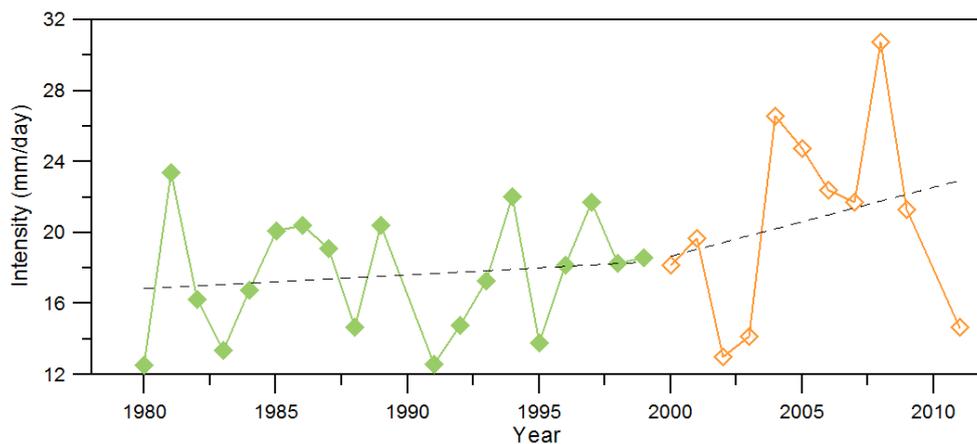
附圖5-34 合歡啞口站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 = 0.00 ; 判定係數2 = 0.02)



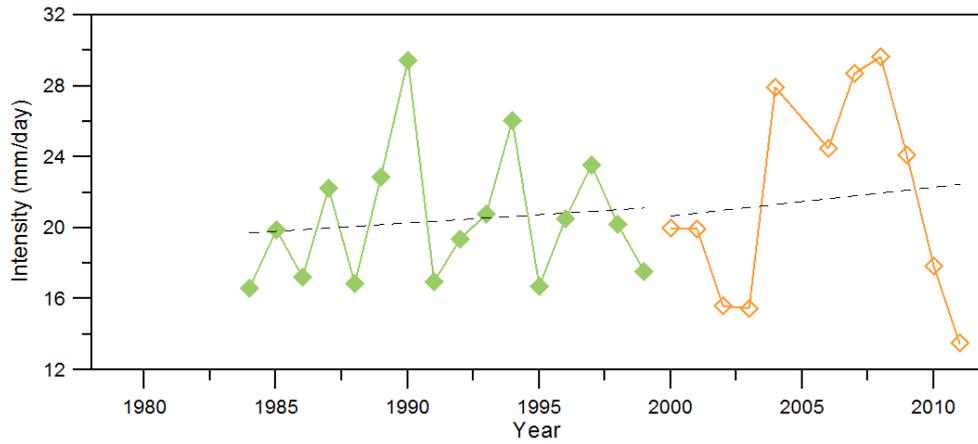
附圖5-35 松茂站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.03；判定係數2=0.50)



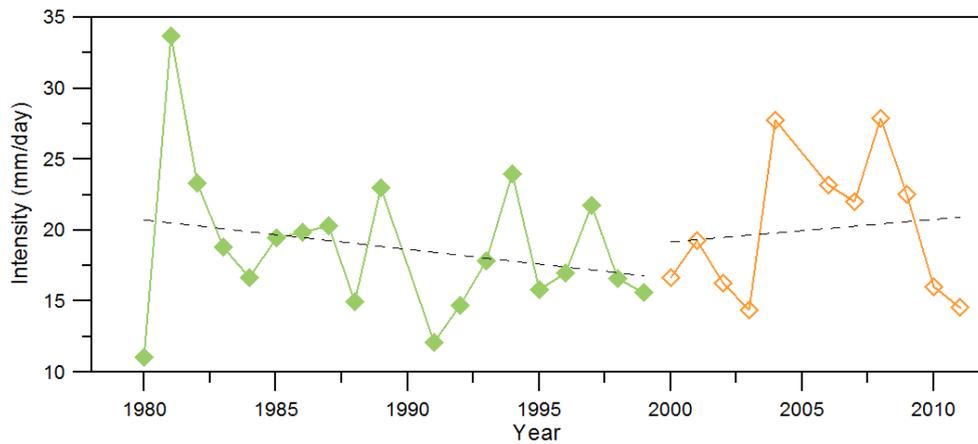
附圖5-36 凌霄站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.02；判定係數2=-)



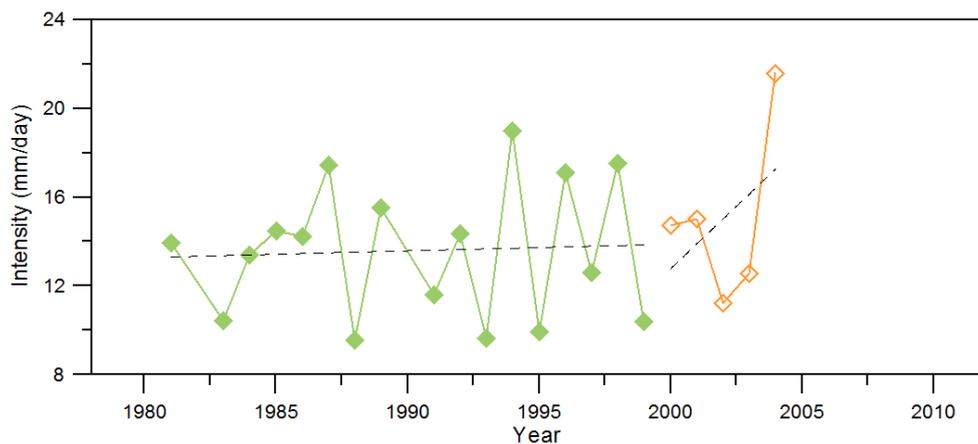
附圖5-37 北山(2)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.02；判定係數2=0.06)



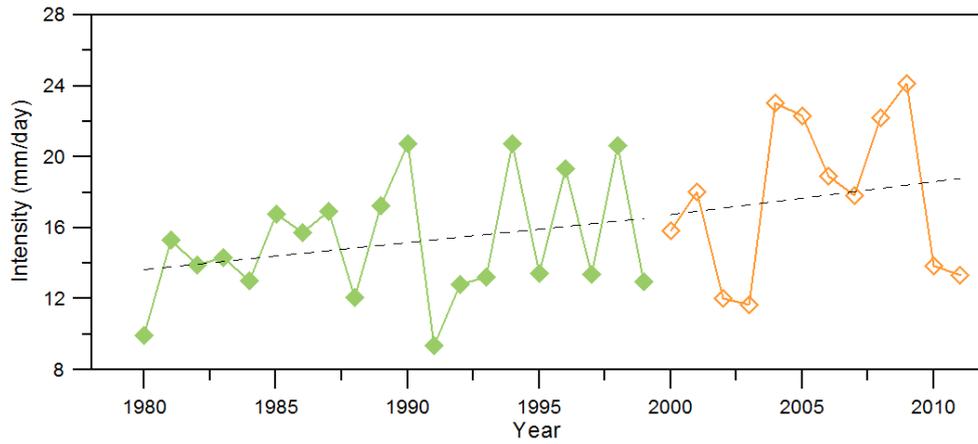
附圖5-38 惠蓀(2)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.01)



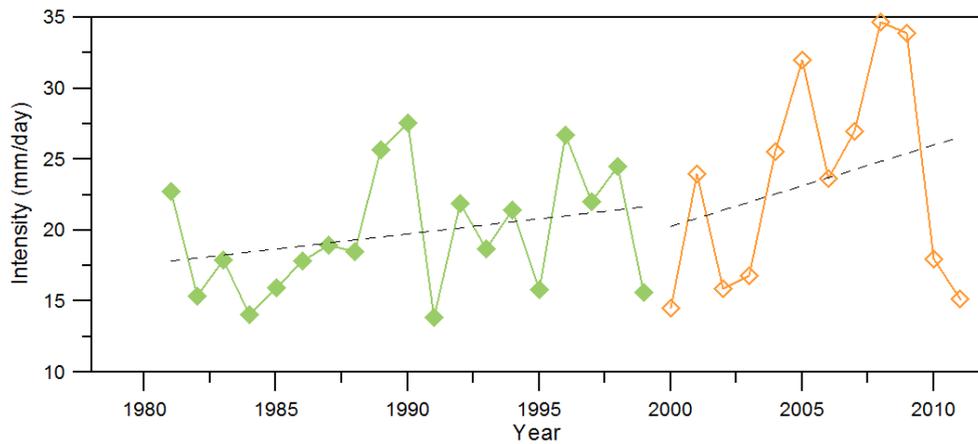
附圖5-39 清流(1)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.06；判定係數2=0.01)



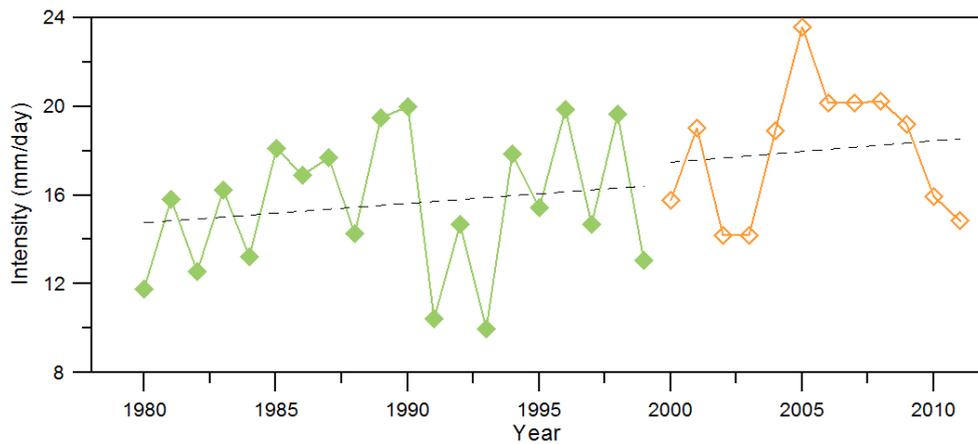
附圖5-40 卡奈托灣(2)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.00；判定係數2=0.20)



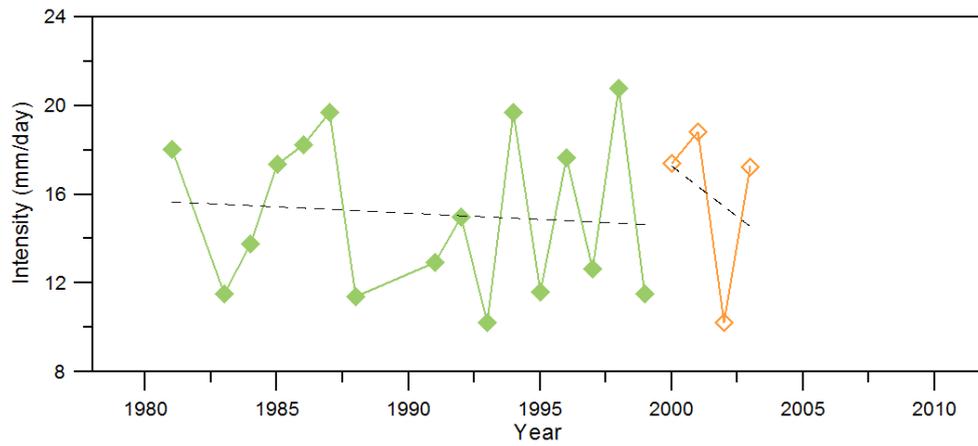
附圖5-41 東埔站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1=0.07；判定係數2=0.02)



附圖5-42 草嶺(2)站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 =0.08；判定係數2 =0.08)

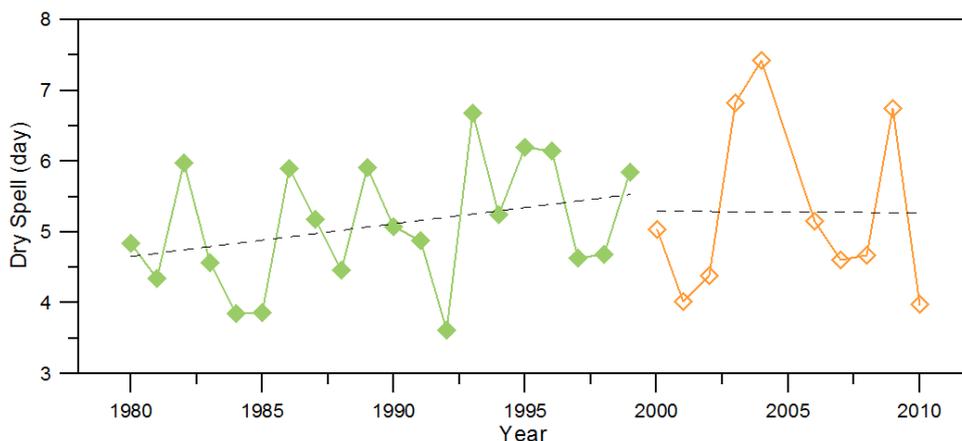


附圖5-43 西巒站年降雨強度變動趨勢  
(判定係數1 =0.03；判定係數2 =0.01)

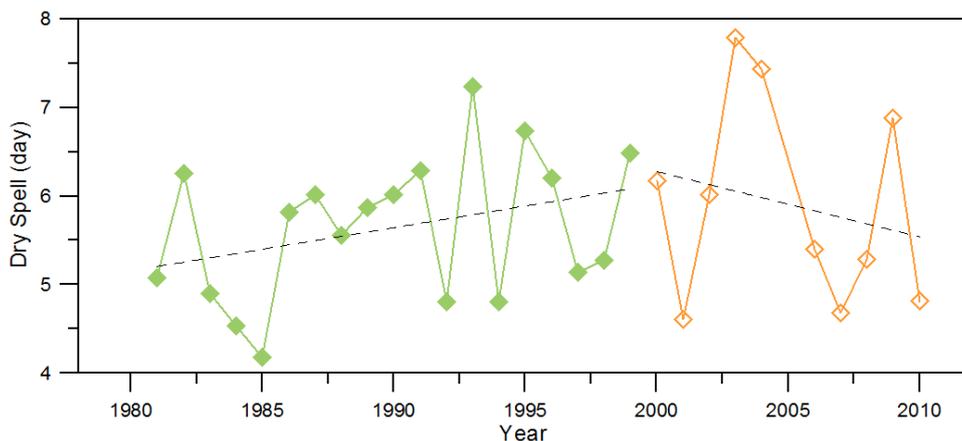


附圖5-44 關門站年降雨強度變動趨勢  
 (判定係數1 =0.01 ; 判定係數2 =0.09 )

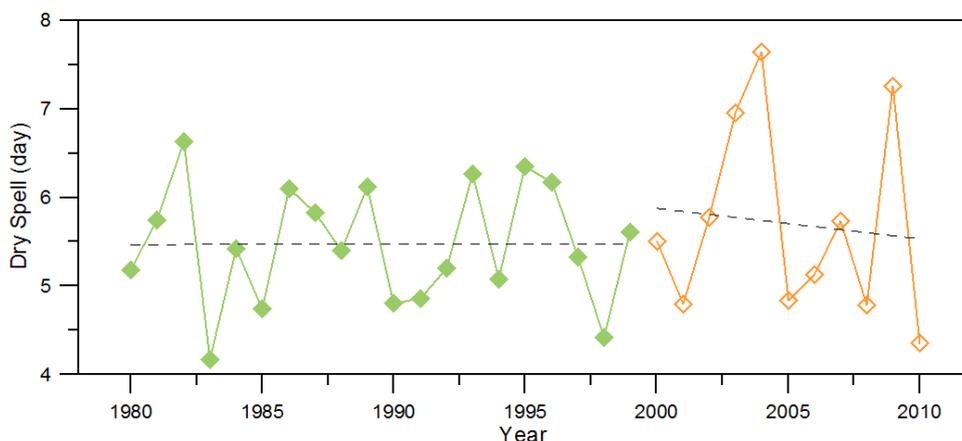
### 各測站連續不降雨日之趨勢分析結果



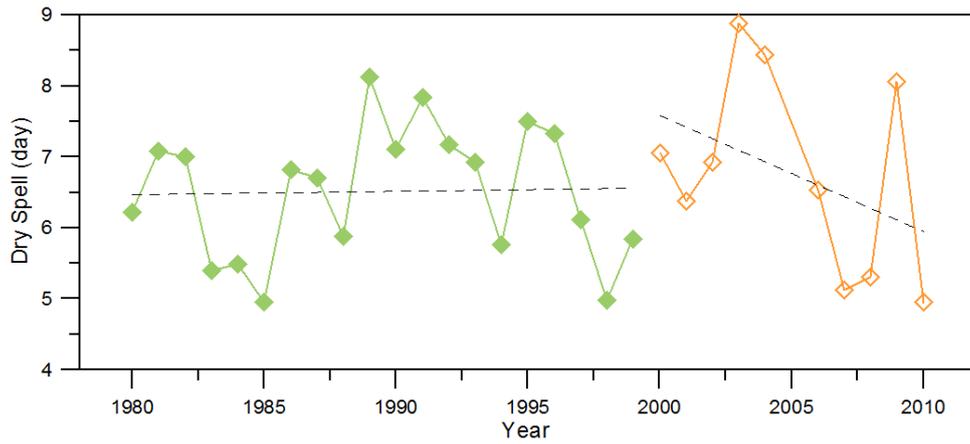
附圖5-45 南庄(1)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.10；判定係數2=0.00)



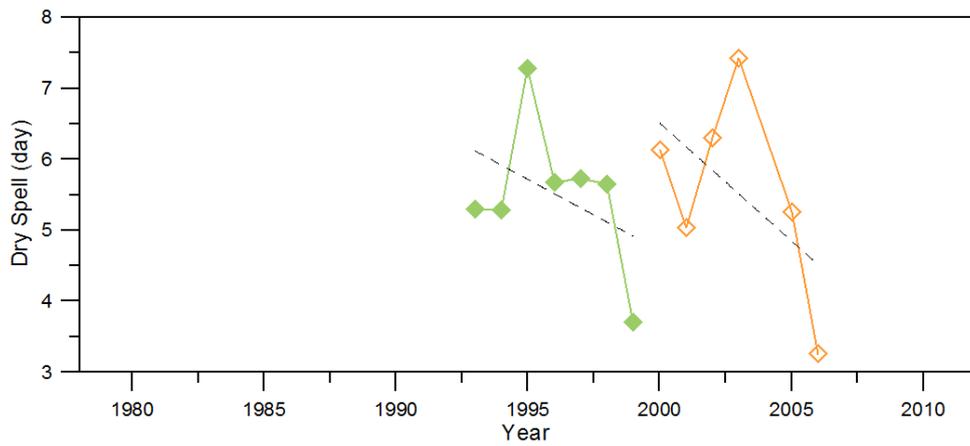
附圖5-46 大河站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.11；判定係數2=0.05)



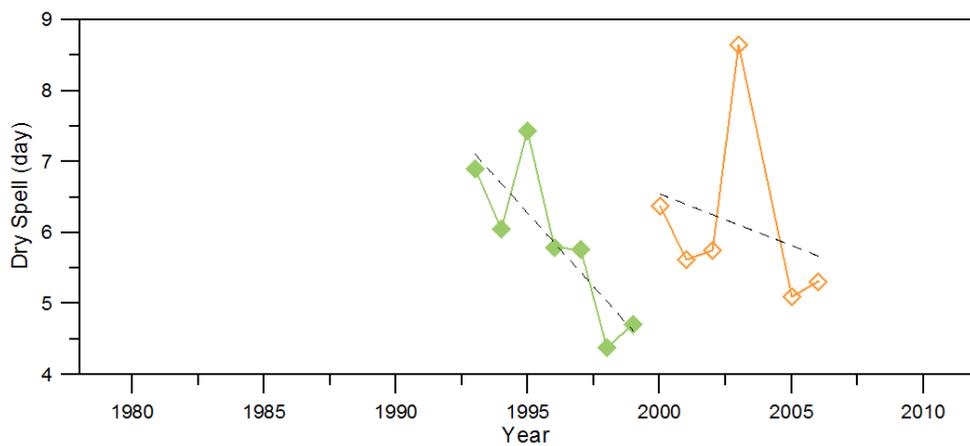
附圖5-47 橫龍山站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.00；判定係數2=0.01)



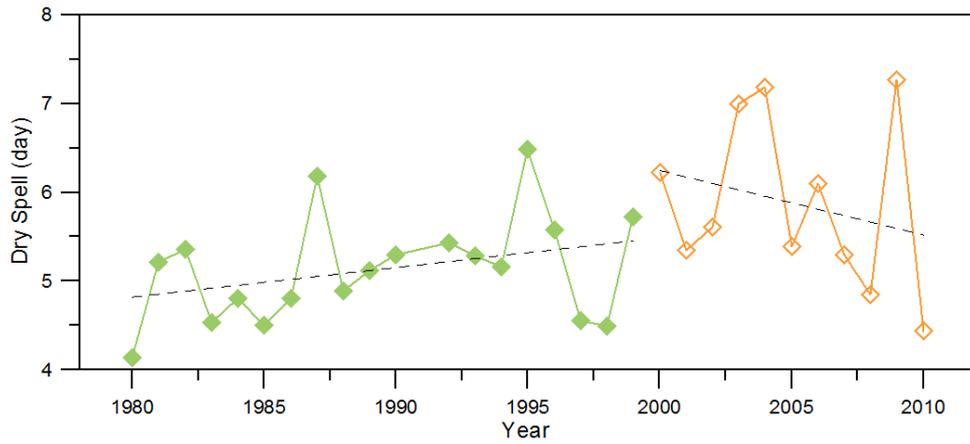
附圖5-48 卓蘭(2)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.00；判定係數2=0.17)



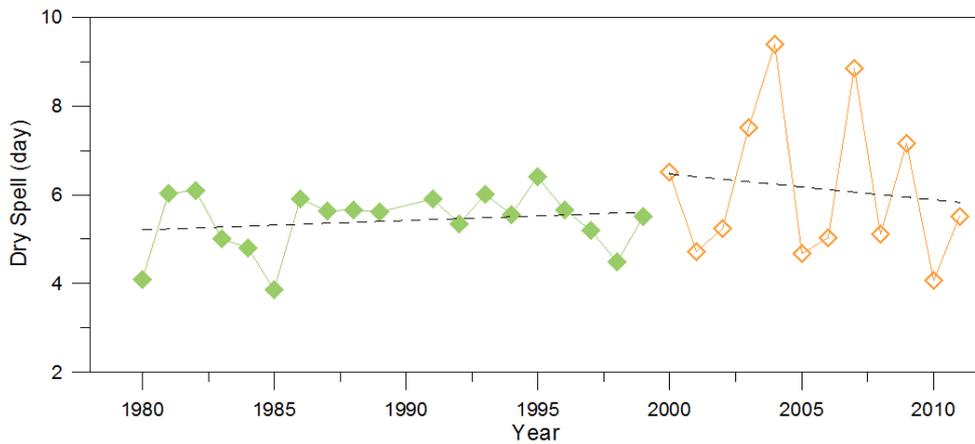
附圖5-49 坪林國小站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.17;判定係數2=0.3)



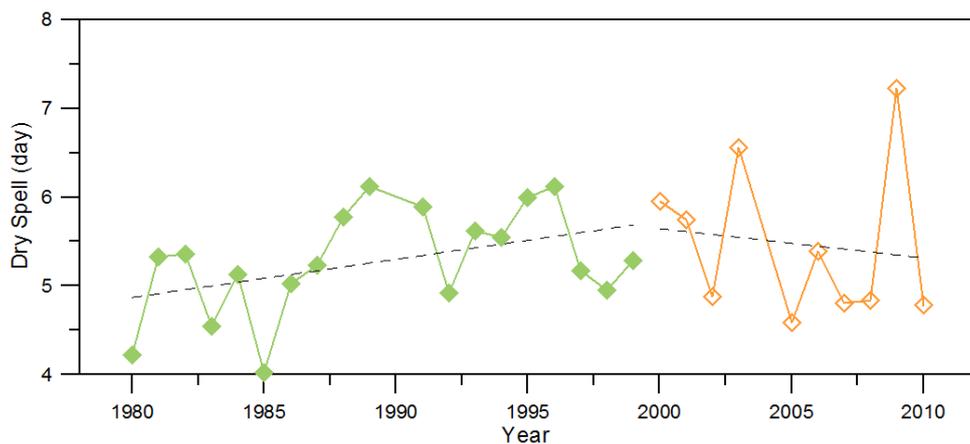
附圖5-50 新開國小站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.67；判定係數2=0.07)



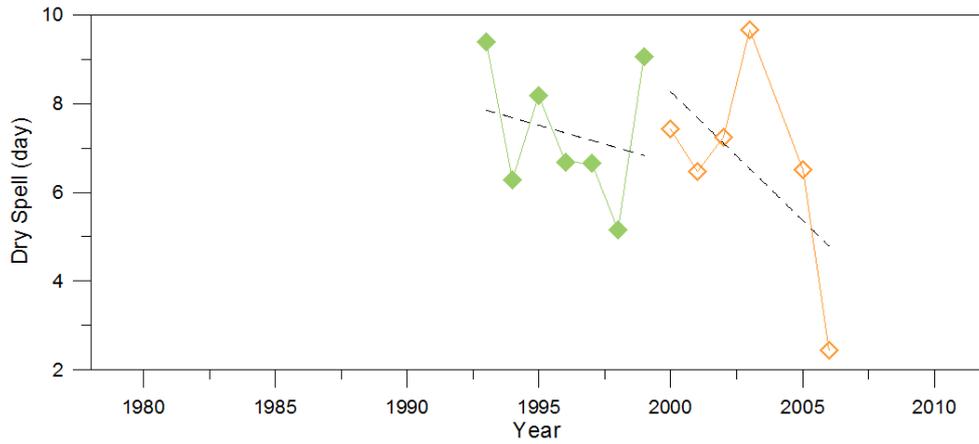
附圖5-51 松安站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.11；判定係數2=0.06)



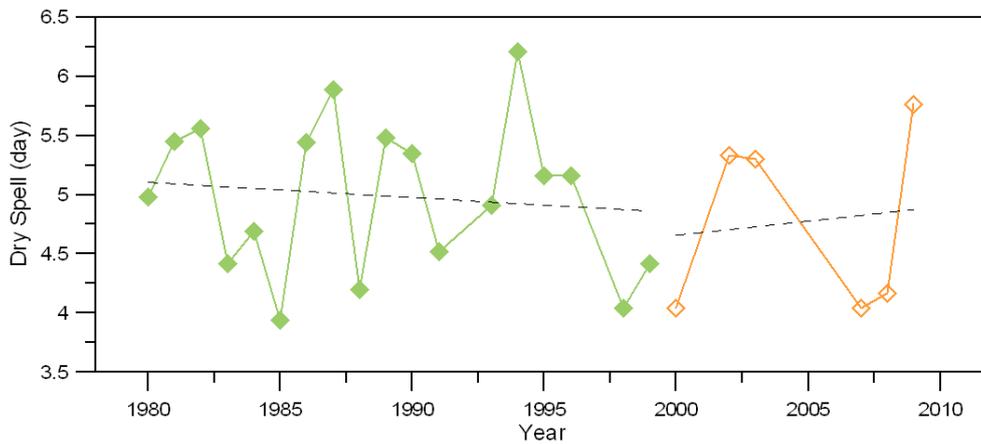
附圖5-52 象鼻(1)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.03；判定係數2=0.01)



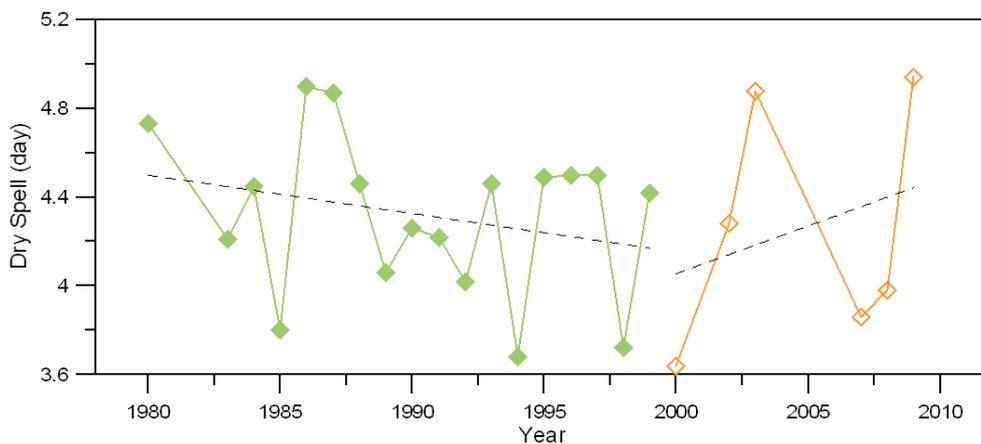
附圖5-53 雙崎(2)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.19；判定係數2=0.01)



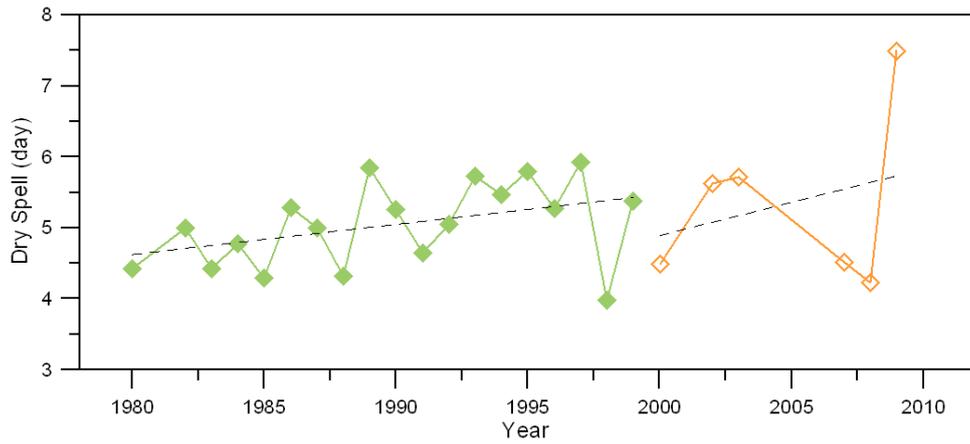
附圖5-54 鯉魚潭站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.06；判定係數2=0.32)



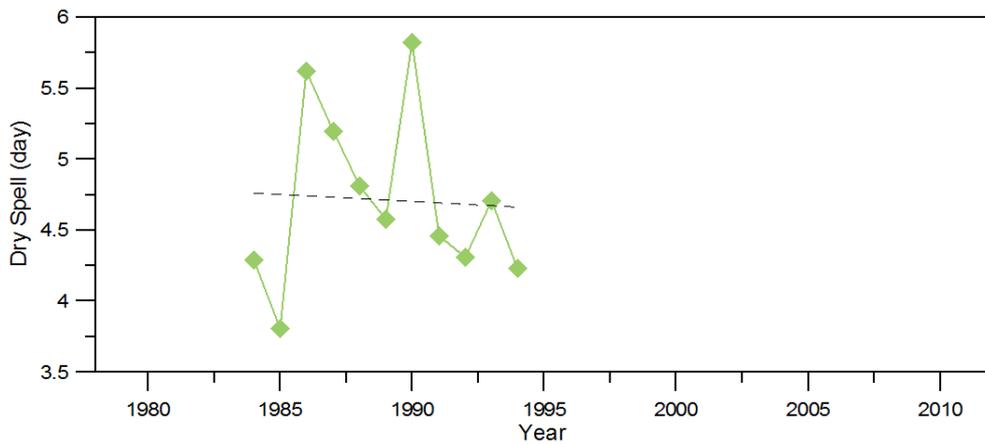
附圖5-55 桃山站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.01)



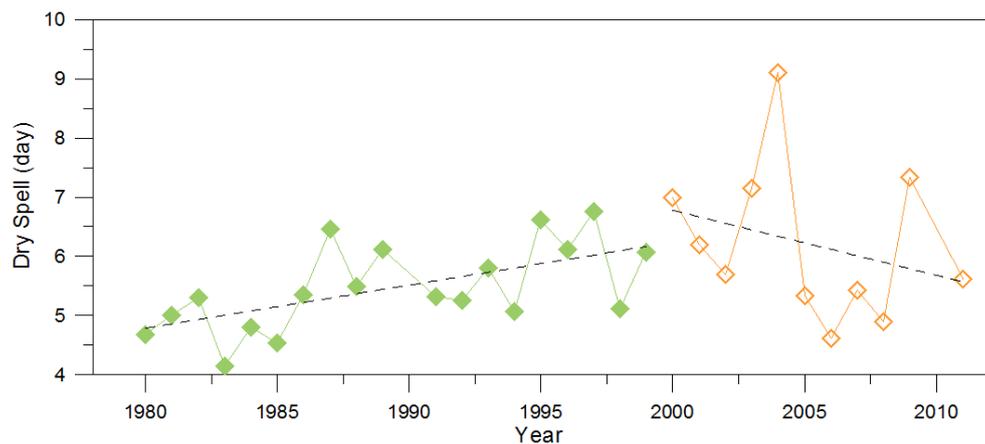
附圖5-56 合歡啞口站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.07；判定係數2=0.08)



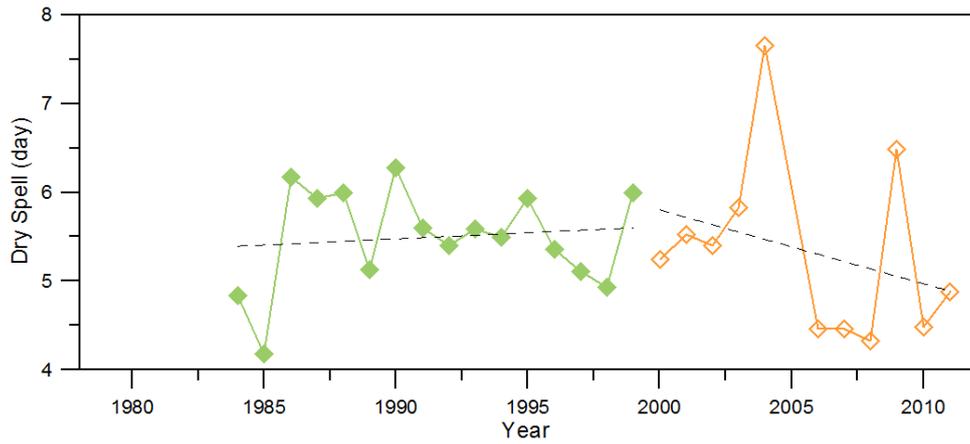
附圖5-57 松茂站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.17；判定係數2=0.08)



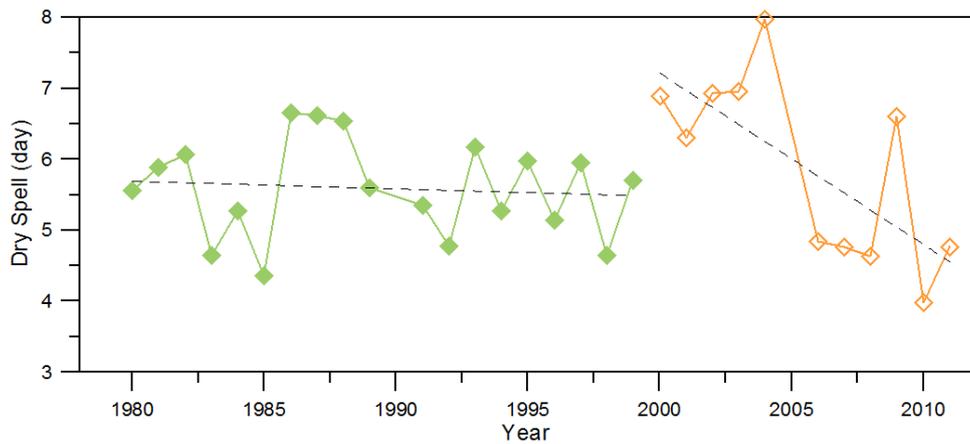
附圖5-58 凌霄站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.00；判定係數2=-)



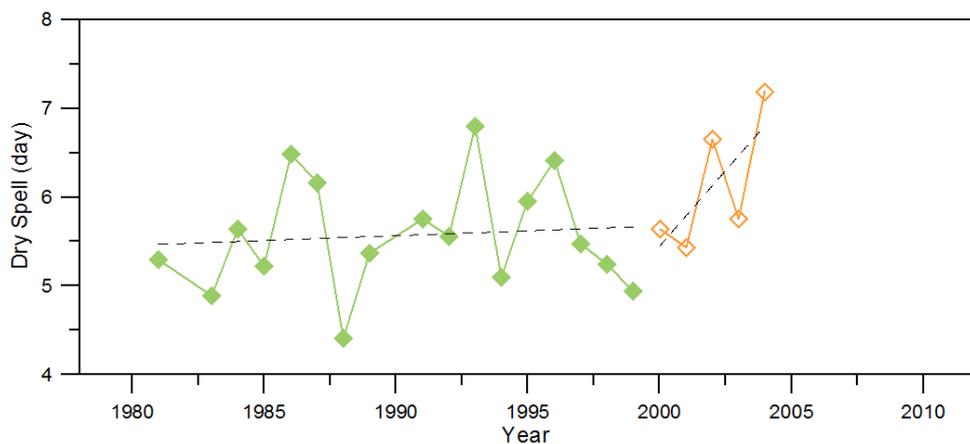
附圖5-59 北山(2)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1 =0.37；判定係數2 =0.08)



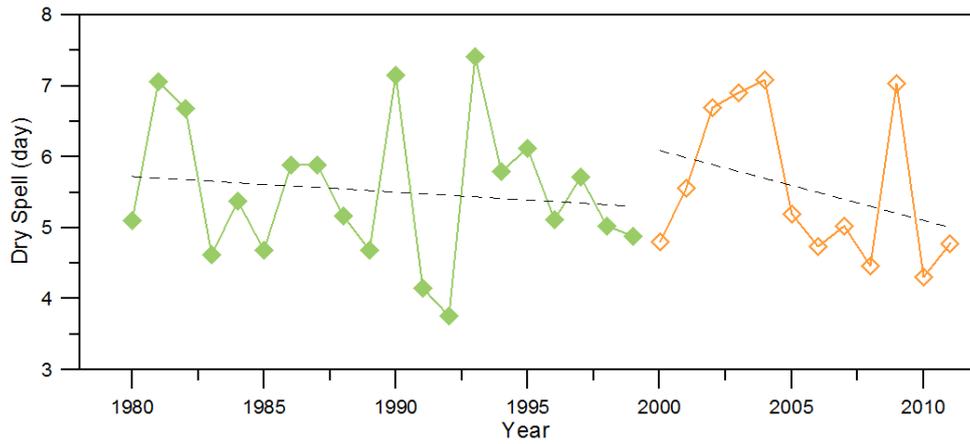
附圖5-60 惠蓀(2)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.09)



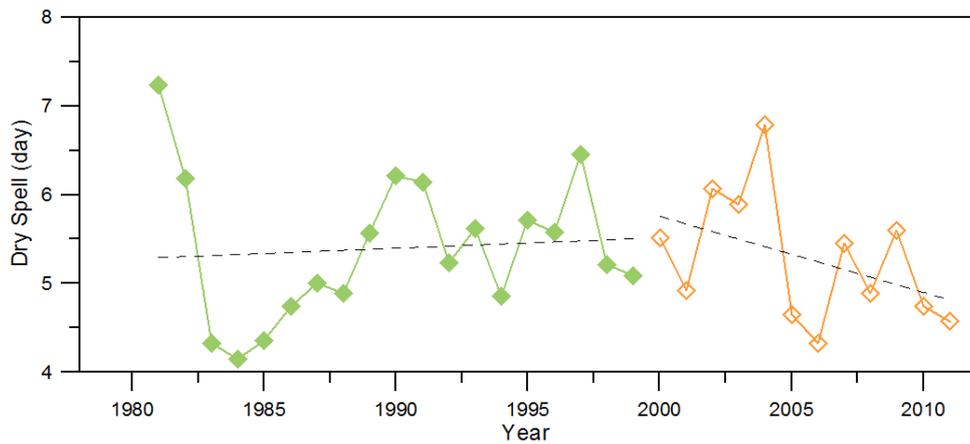
附圖5-61 清流(1)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.49)



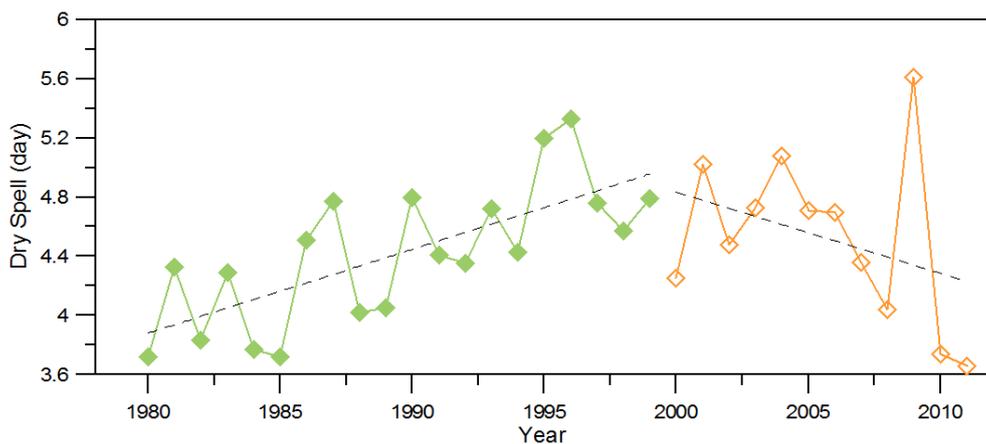
附圖5-62 卡奈托灣(2)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.51)



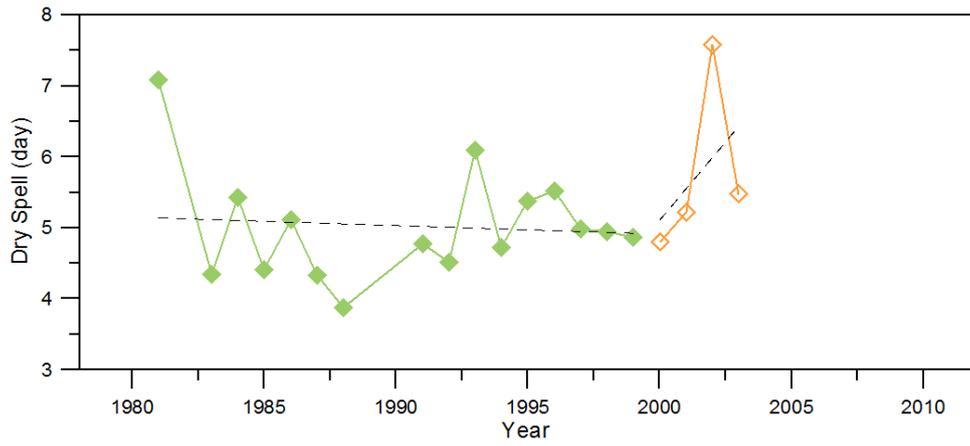
附圖5-63 東埔站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.02；判定係數2=0.11)



附圖5-64 草嶺(2)站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.01；判定係數2=0.18)



附圖5-65 西巒站年連續不降雨日變動趨勢  
(判定係數1=0.51；判定係數2=0.12)



**附圖5-66 關門站年連續不降雨日變動趨勢**  
**(判定係數1=0.01；判定係數2=0.21)**

## 附錄六 灌溉需水量模式

灌溉需水量模式為連宛渝(2000)所發展之模式，並於2010年建置於TAIWAP模式中(經濟部水利規劃試驗所，2008、2009)。模式利用田間水平衡之觀念所建構，並且針對水田灌溉特性建立一灌溉用水評估模式，模式利用Hamon公式計算作物之潛能蒸發散量，即作物需水量，再透過田間水平衡關係估算田間需水量，最後考慮輸水損失下決定灌溉需水量，模式之相關說明敘述如下。

合理灌溉需水量應先決定作物需水量，再決定田間需水量，最後在考慮輸水損失下推估合理灌溉需水量，根據水資源局的研究報告(1997)灌溉需水量可由下式決定：

$$\text{灌溉需水量} = \text{田間需水量} \times \text{輸水損失係數}$$

灌溉主要是以人工的方式來補足降雨的不足，因此，灌溉水量主要是滿足有效雨量不足的部份。但是，在水田中通常會有滲漏及必須維持一定的湛水深，因此，灌溉水量也必須提供足夠的水量，以滿足兩者之需求，田間需水量的計算方式可以透過下式決定：

$$IR_t = \begin{cases} 0, & \text{if } W_t \geq ET_t + Dt + PC_t - Pe_t \\ ET_t + Dt + PC_t - Pe_t - W_t, & \text{otherwise} \end{cases}$$

式中， $IR_t$ 為每日之田間需水量， $ET_t$ 為作物蒸發散量， $Dt$ 為湛水深， $PC_t$ 為滲漏量， $Pe_t$ 為當日有效雨量， $W_t$ 為田面水深。當不考慮湛水深時，上式中的 $D_t$ 即為0。

### 1.滲漏( $PC_t$ )

滲漏量( $PC_t$ )可依照土壤質地，經由台灣省水利局(現為經濟部水利署)之經驗公式推算，但根據農發會補助計劃之嘉南地區水稻田灌溉率調查研究(1981)指出，省水利局設計之公式僅考慮粘粒%之影響，而未考慮沙粒%之影響，如一土壤粘粒、沙粒含量均為30%，另一土壤之粘粒、沙粒含量分別

為30%、50%，則兩種土壤之滲漏量應有差異，但若根據水利處之計算方式，則兩種土壤之滲漏量視為相同。由於土壤中之沙粒對土壤之滲漏量亦有影響，因此，利用實驗回歸分析初步同粘粒、沙粒含量土壤之滲漏量。

$$PC = \frac{240}{Clay\% \times I} \quad (1)$$

$$PC = 1.095 \times C^{-0.5738} \times S^{0.6212} \quad (2)$$

其中Clay%為土壤中黏土粒重量百分比，I為係數，其值隨Clay%大小而定。不同土壤之黏土百分比及係數I可由表4取得。而C及S分別為土壤中粘粒及沙粒之含量。

**附表 6-1 不同土壤之滲漏量(蔡易良，1993)**

土壤種類	黏土質含量%	係數 I	滲漏量(mm/days)	
			式(1)推估	式(2)推估
砂質礫土	1.6	1.0	150.00	9.40
粒質砂土	5.0	1.1	43.70	4.78
砂土	8.0	1.2	25.00	3.58
壤質砂土	11.6	1.3	15.90	2.82
砂質壤土	14.9	1.4	11.50	2.39
壤土	18.2	1.5	8.80	2.08
黏質壤土	21.9	1.6	6.85	1.82
壤質黏土	27.0	1.7	5.24	1.54
黏土	33.0	1.8	4.04	1.30
中黏土	40.0	1.9	3.16	1.09
重黏土	49.0	2.0	2.45	0.88

## 2.有效雨量(P<sub>e</sub>)

有效雨量(P<sub>e</sub>)可以減少灌溉水量，所以在灌溉的同時，必須考慮有效雨量的影響。主要計算有效雨量的方式有5種，包括1.逐日記帳法；2.五年年平均日雨量法；3.二十年間第四位枯水位法；4.百分比法；5.伽瑪分佈法。這幾種方法都有其優缺點，有些方法沒有考慮土壤入滲量，有些沒有考慮作

物生長階段的變化，因此，在估計上可能會有誤差產生。為了避免這個問題，研究中定義有效雨量為滿足作物需水量與田間滲漏量的最小值，因此，有效雨量可利用下式估算。

$$Pe_t = \min\{R_t, ET_t + PC_t\}$$

式中的 $Pe_t$ 即為t日有效雨量， $R_t$ 為t日降雨量， $ET_t$ 為t日蒸發散量， $PC_t$ 則為t日滲漏量。也就是說，當降雨量小於蒸發散量及滲漏量之和時，所有的降雨量都會是有效雨量；反之，若降雨量大於蒸發散量及滲漏量之和時，則只有滿足蒸發散量及滲漏量的部份為有效雨量，其餘在t日則視為無效雨量蓄積在田區中，供下一時期使用。此外本研究中有有效雨量並不考慮當降雨量過小時，雨水被截留而無法降落至地面的情形，因此，不論雨量是否低於5mm只要落於田區且符合有效雨量的公式，皆視為有效雨量。

### 3. 湛水深(Dt)

一般而言，每個時期水田中所需要的湛水深(Dt)都有不同，在灌溉時，灌溉水量除了必須滿足作物的需水量之外，必須提供額外的水量使水田的湛水深達到一定高度，各個時期的湛水深可由表2決定。

附表 6-2 不同生長時期所需湛水深(台灣農家要覽，1995)

生長期	湛水深(cm)
成活至分蘗	6~8
分蘗期至有效分蘗終期	4~6
有效分蘗終期至幼穗形成初期	排水(0)
幼穗形成初期至終期	5~10
孕穗期	5~10
抽穗開花期	5~10
乳熟期至糊熟期	2~3
黃熟期製完熟期	0

#### 4. 田面水平衡

根據調查顯示台灣地區田間排水高度為17公分，因此，當田面水深超過17公分時便會產生逕流，此外，在某些生長期，田區中不需要湛水深，因此需要特別排水，這時期的逕流量便是要將田中蓄積的水份排出，逕流量可以下式(10)表示。

$$Q_t = \begin{cases} \text{Max}\{0, W_t - ET_t - PC_t + R_t\}, & \text{if } D_{t+1} = 0 \\ \text{Max}\{0, W_t + IR_t + R_t - 17\}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

田面水深( $W_t$ )是根據田中期中初之水量、灌溉水量、蒸發散量、入滲量、雨量以及逕流量( $Q_t$ )透過下式決定。

$$W_t = \begin{cases} 0, & \text{if } D_{t+1} = 0 \\ W_t + IR_t - ET_{0t} - PC_t + R_t, & \text{otherwise} \end{cases}$$

#### 5. 作物需水量

決定灌溉需水量的主要因素為作物需水量，作物需水量也就是作物蒸發散量。作物蒸發散量( $ET_t$ )可以利用潛能蒸發散量及作物係數( $Kc$ )估算如下式。

$$ET_t = ET_{0t} \times Kc$$

計算潛能蒸發散量的方法有很多種，本研究中潛勢能蒸發散量由Hamon公式計算(1961)：

$$PET_t = \frac{0.021H_t e_{ot}}{T_t + 273}$$

式中 $PET_t$ 是第 $t$ 天潛蒸發散量， $H_t$ 是在第 $t$ 天的日照時間(時)， $e_{ot}$ 是飽和蒸氣壓， $T_t$ 是日平均溫度( $^{\circ}C$ )。飽和蒸氣壓是溫度的函數，可由下列方程式決定：

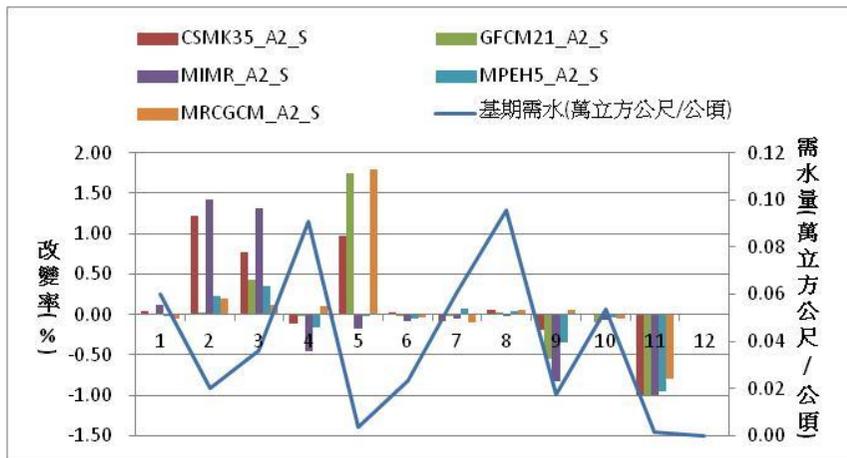
$$e_{ot} = 33.8639 \times [(0.00738 \times T_t + 0.8072)^8 - 0.000019 \times |1.8 \times T_t + 48| + 0.001316]$$

作物係數主要依據不同的生長期來做區分，生長期以累積的生育度數來決定作物的作物係數。依據水資源局的研究報告(1997)可查出不同時期的作物係數及累積生育度數(表3)。

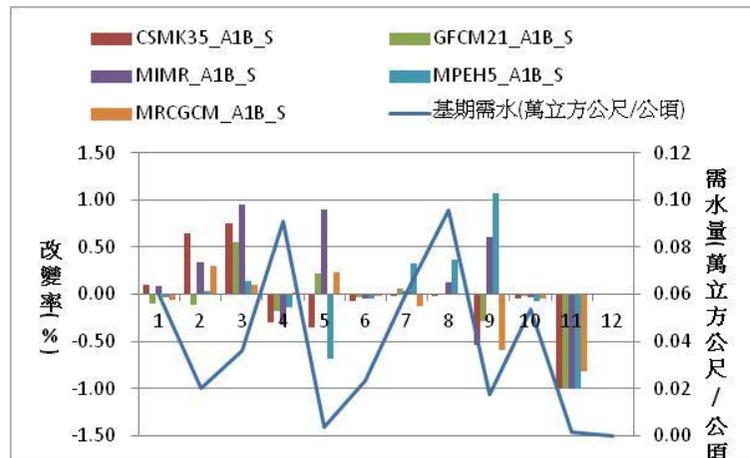
**附表 6-3 稻米作物係數及生育度數**

生育天數	生育階段	累積生育度數 ( $^{\circ}C$ )	一期作	二期作
1~15	插秧期	185	0.5	0.9
16~30	分蘗初期	381	0.8	1.2
31~45	分蘗末期	589	1.2	1.5
46~60	開花初期	808	1.3	1.6
61~75	開花末期	1032	1.3	1.5
76~90	成熟初期	1259	1.2	1.3
91~105	成熟中期	1487	1	1
106~120	成熟末期	1715	0.7	0.6

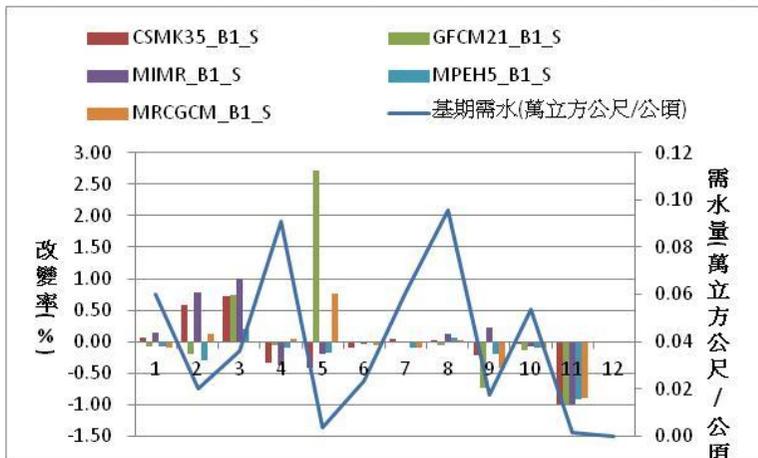
## 附錄七 中部區域各灌區灌溉需水量改變率



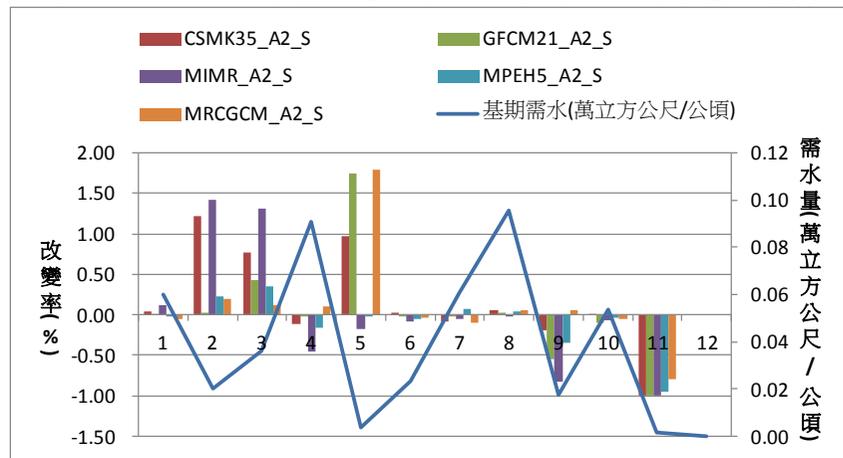
附圖 7-1 A2 情境下老田寮灌區各月灌溉需水量改變率



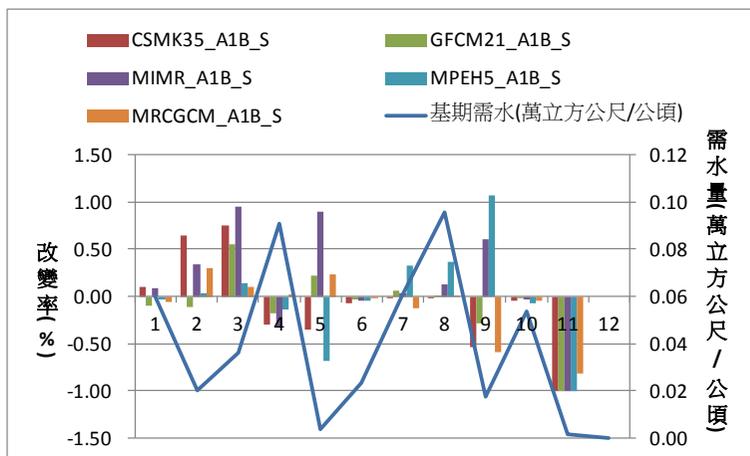
附圖 7-2 A1B 情境下老田寮灌區各月灌溉需水量改變率



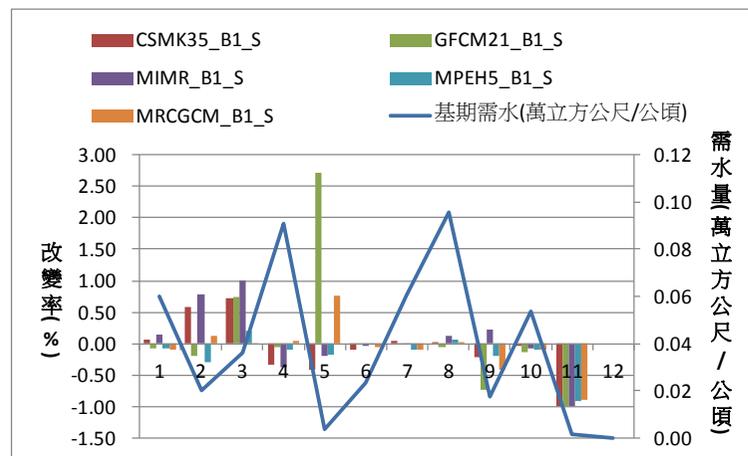
附圖 7-3 B1 情境下老田寮灌區各月灌溉需水量改變率



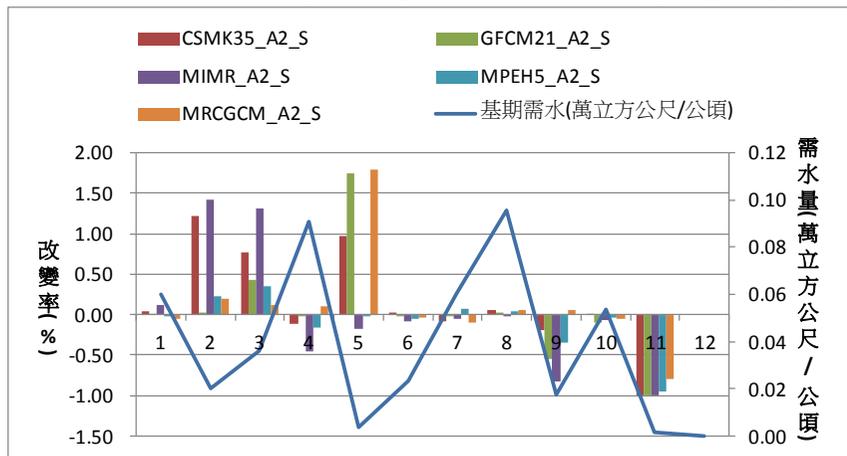
附圖 7-4 A2 情境下後龍溪灌區各月灌溉需水量改變率



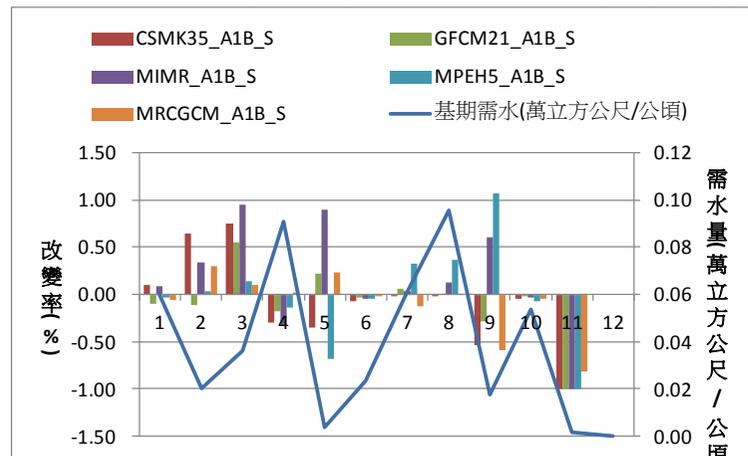
附圖 7-5 A1B 情境下後龍溪灌區各月灌溉需水量改變率



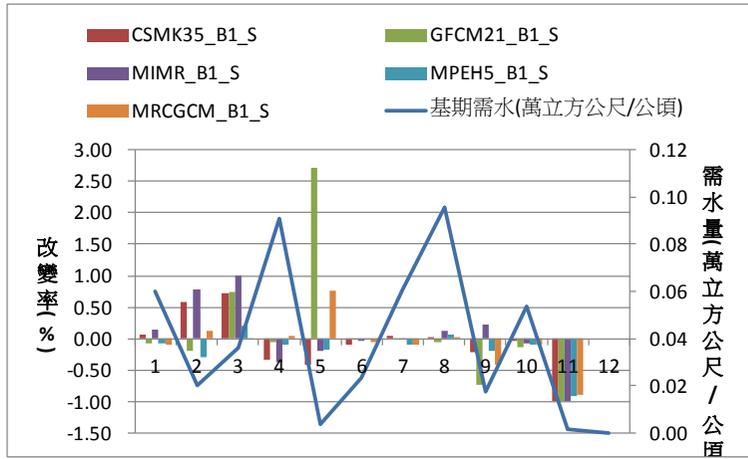
附圖 7-6 B1 情境下後龍溪灌區各月灌溉需水量改變率



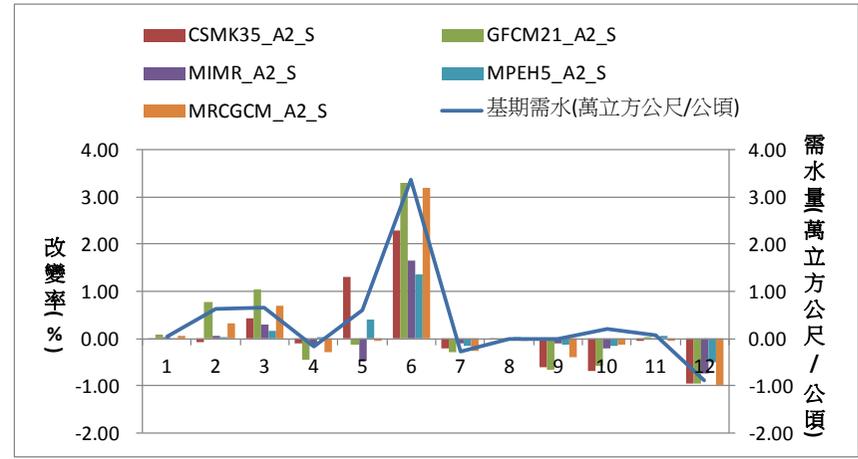
附圖 7-7 A2 情境下水尾子圳各月灌溉需水量改變率



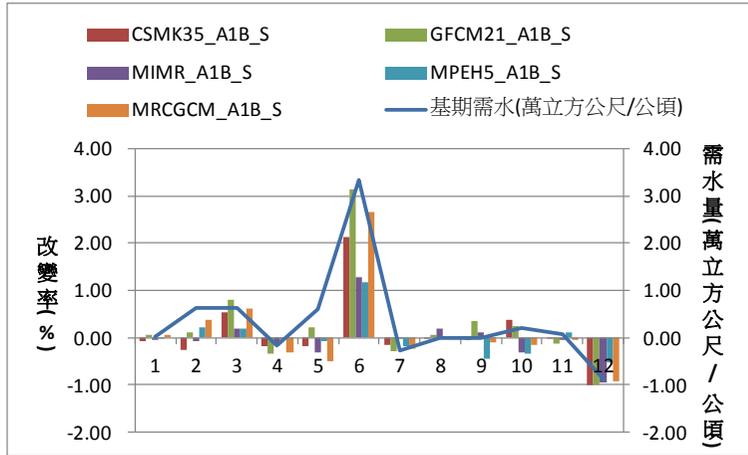
附圖 7-8 A1B 情境下水尾子圳各月灌溉需水量改變率



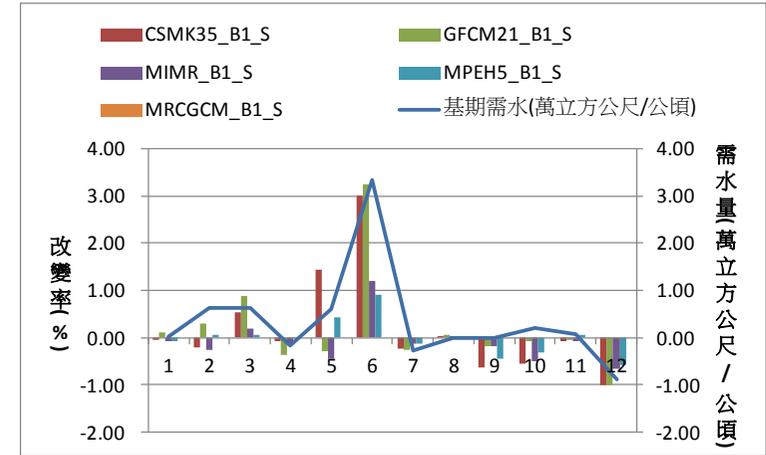
附圖 7-9 B1 情境下水尾子圳各月灌溉需水量改變率



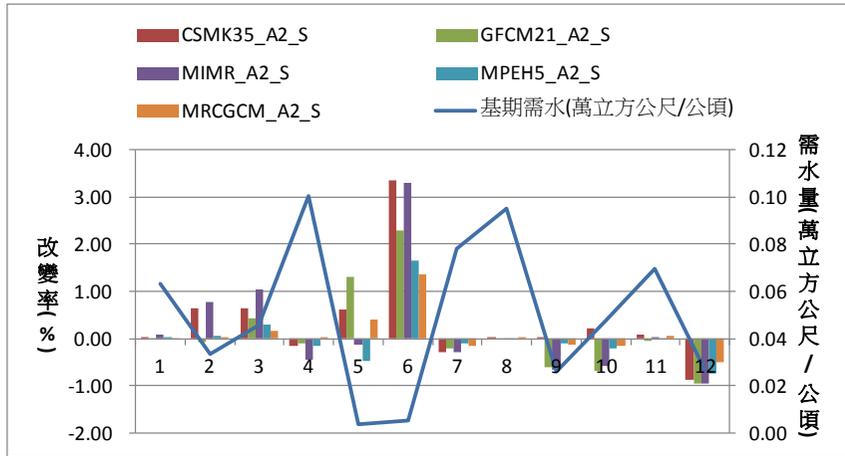
附圖 7-10 A2 情境下鯉魚潭圳各月灌溉需水量改變率



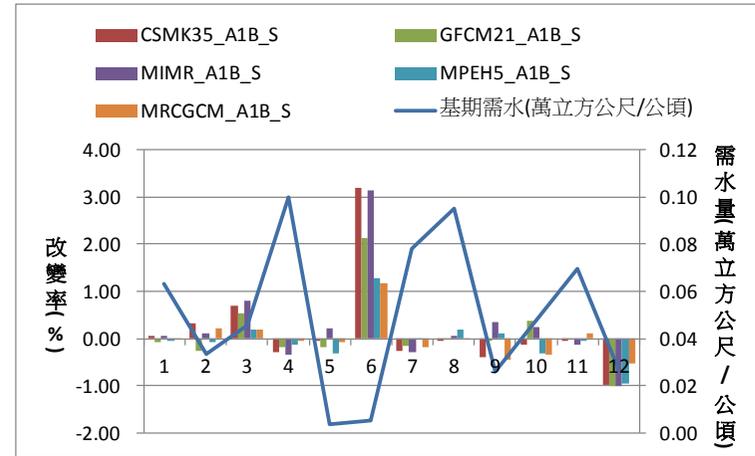
附圖 7-11 A1B 情境下鯉魚潭圳各月灌溉需水量改變率



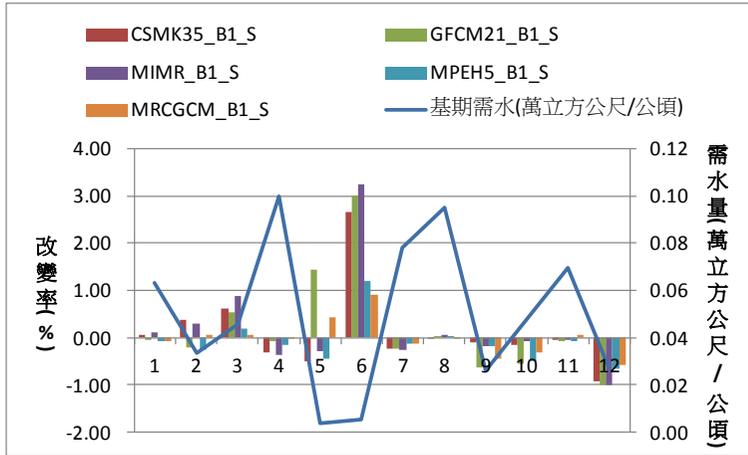
附圖 7-12 B1 情境下鯉魚潭圳各月灌溉需水量改變率



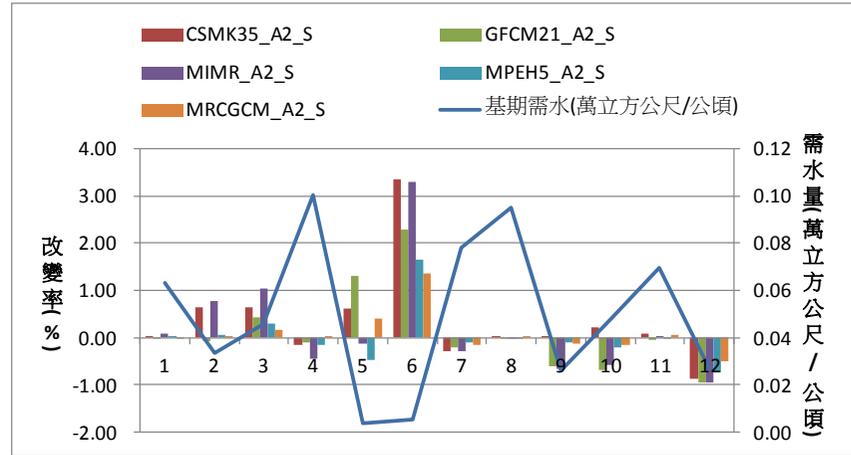
附圖 7-13 A2 情境下三灌圳總量各月灌溉需水量改變率



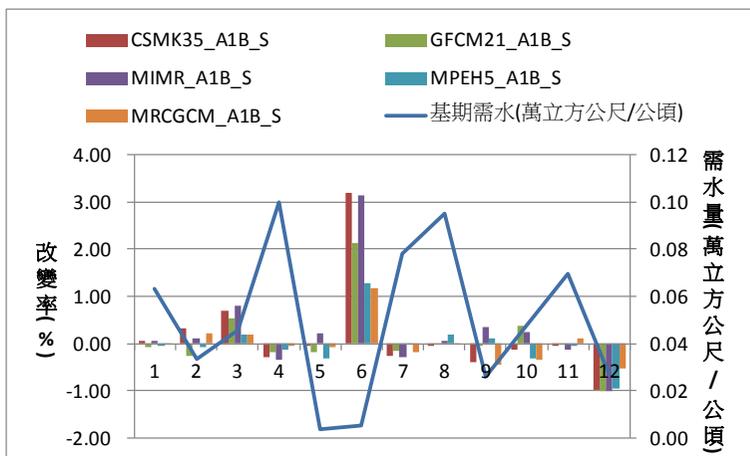
附圖 7-14 A1B 情境下三灌圳總量各月灌溉需水量改變率



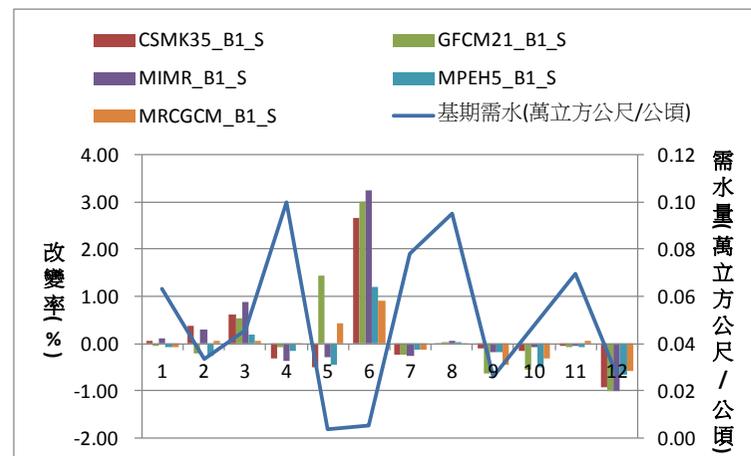
附圖 7-15 B1 情境下三灌圳總量各月灌溉需水量改變率



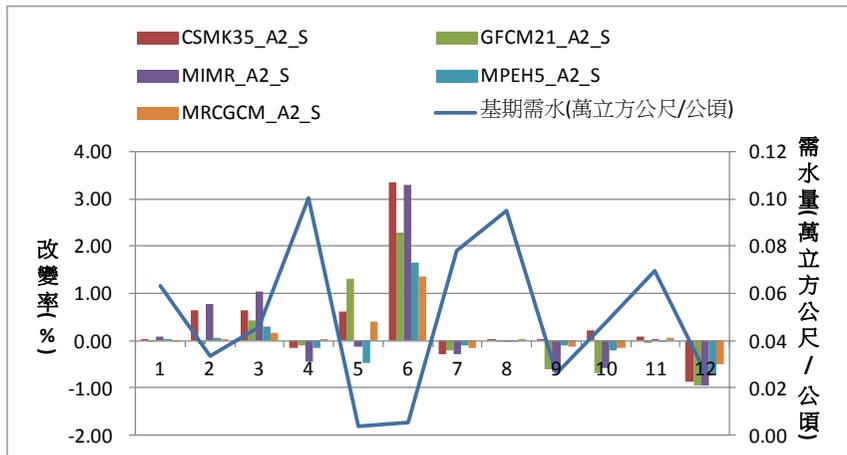
附圖 7-16 A2 情境下大安溪灌圳各月灌溉需水量改變率



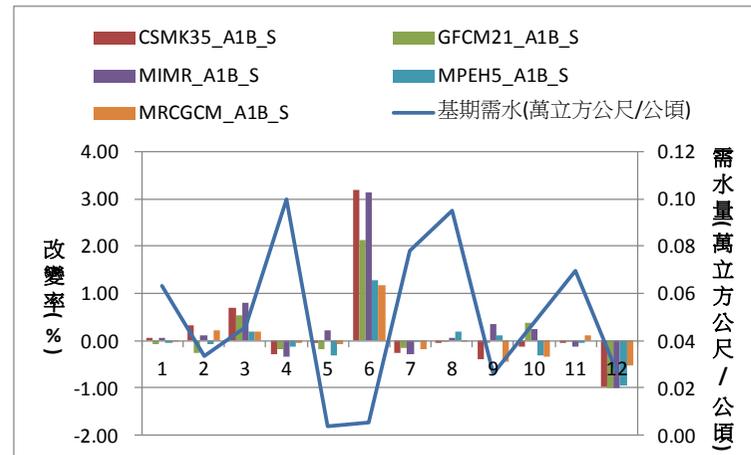
附圖 7-17 A1B 情境下大安溪灌圳各月灌溉需水量改變率



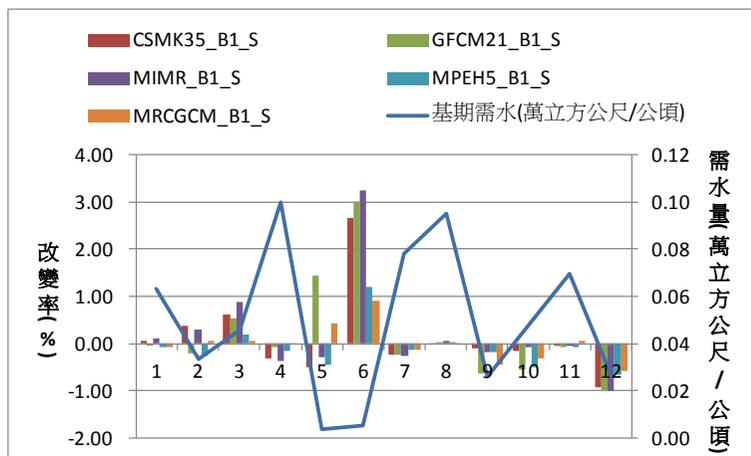
附圖 7-18 B1 情境下大安溪灌圳各月灌溉需水量改變率



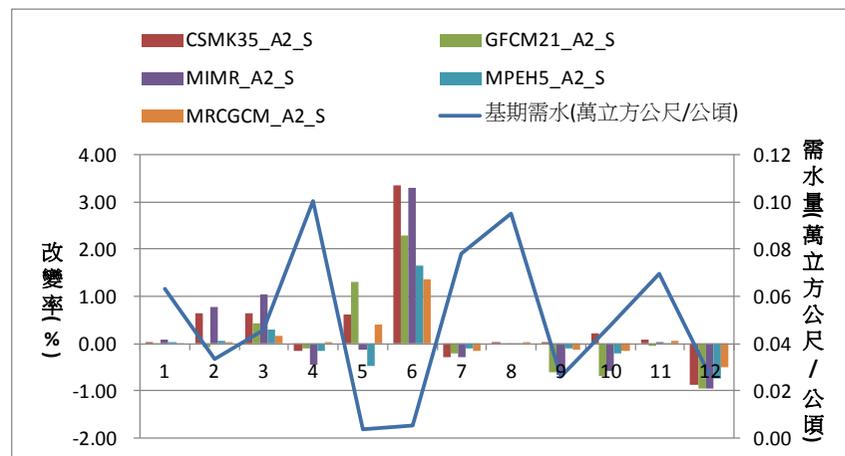
附圖 7-19 A2 情境下后里圳各月灌溉需水量改變率



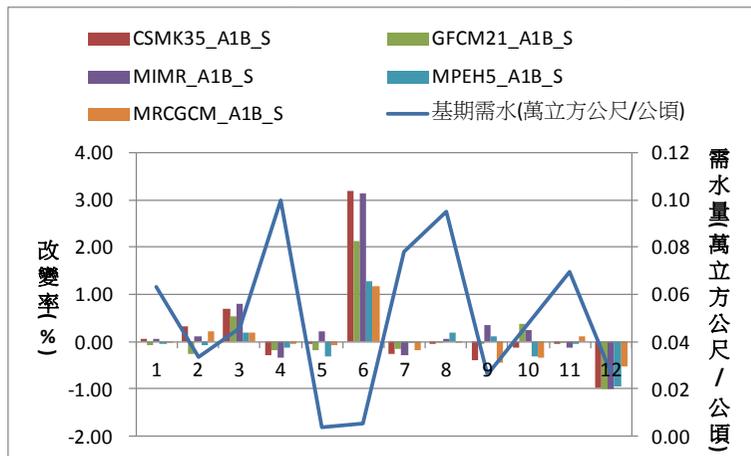
附圖 7-20 A1B 情境下后里圳各月灌溉需水量改變率



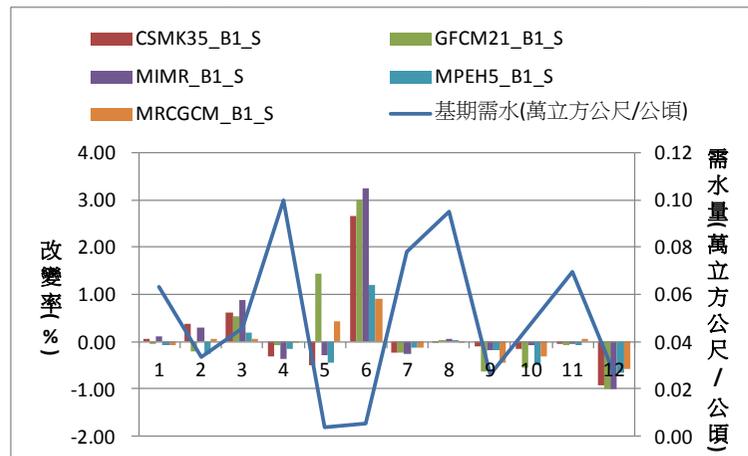
附圖 7-21 B1 情境下后里圳各月灌溉需水量改變率



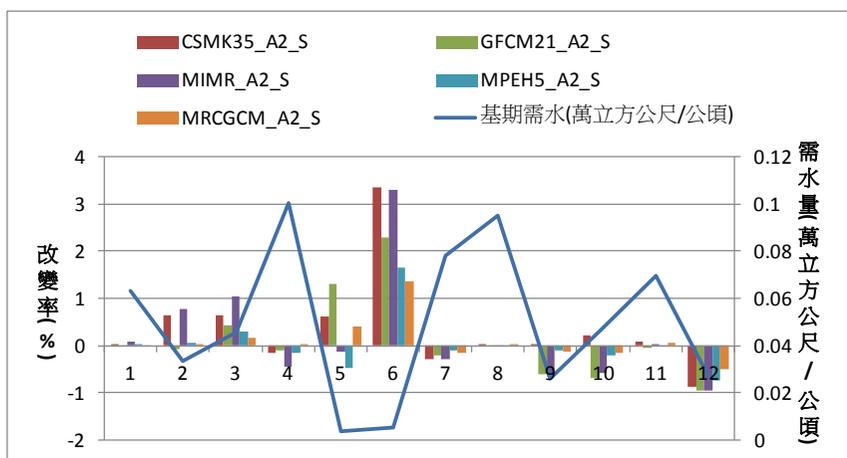
附圖 7-22 A2 情境下石岡壩上游灌區各月灌溉需水量改變率



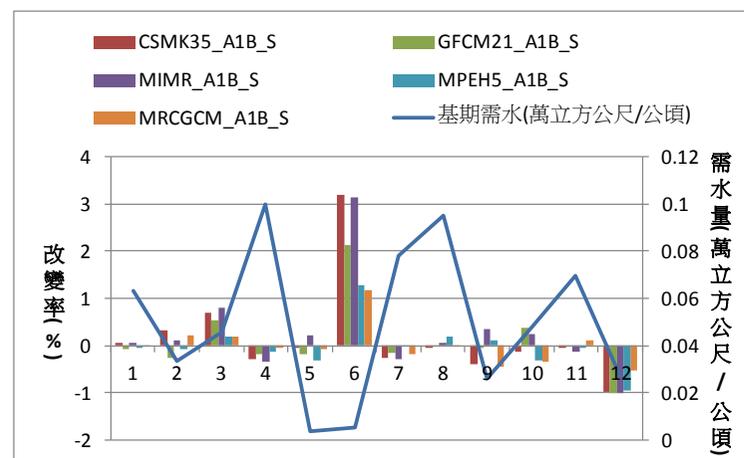
附圖 7-23 A1B 情境下石岡壩上游灌區各月灌溉需水量改變率



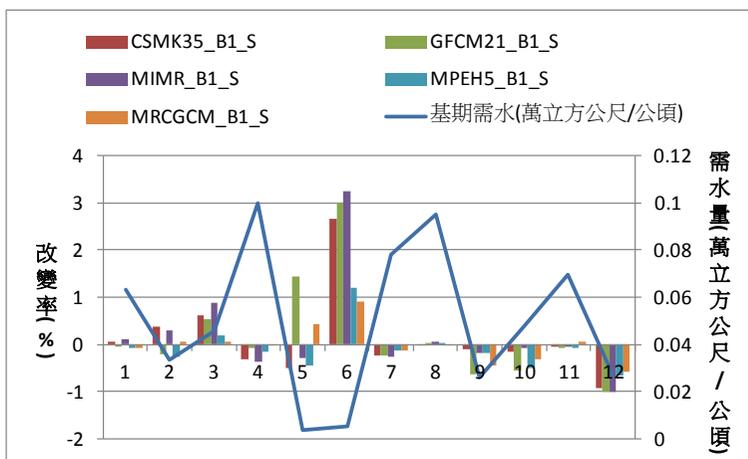
附圖 7-24 B1 情境下石岡壩上游灌區各月灌溉需水量改變率



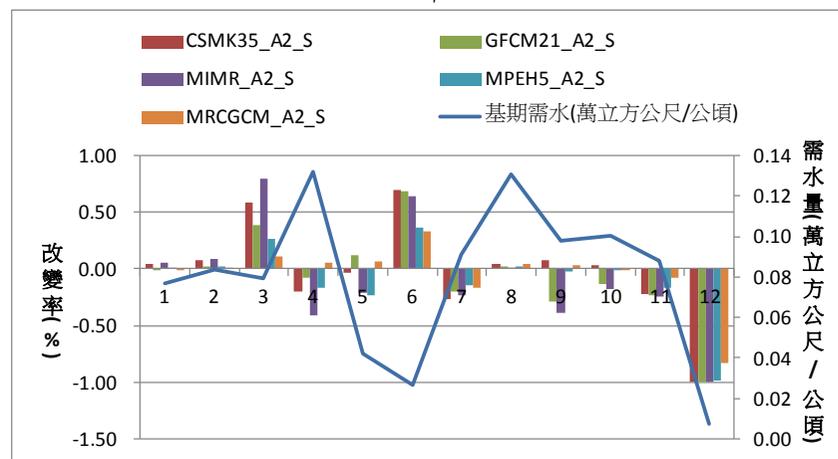
附圖 7-25 A2 情境下石岡壩下游灌區各月灌溉需水量改變率



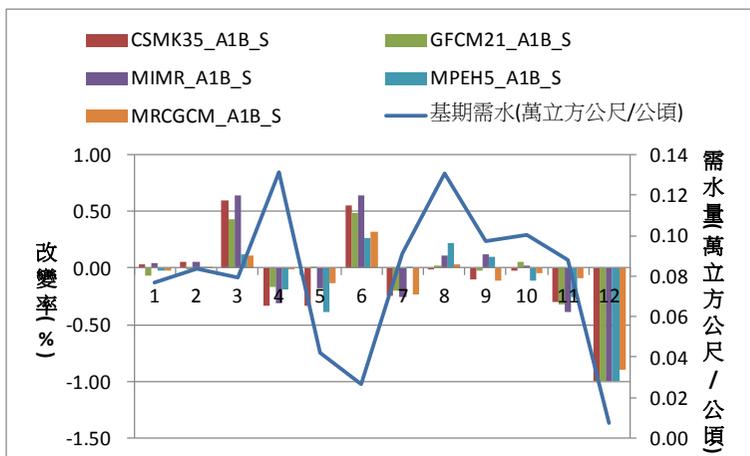
附圖 7-26 A1B 情境下石岡壩下游灌區各月灌溉需水量改變率



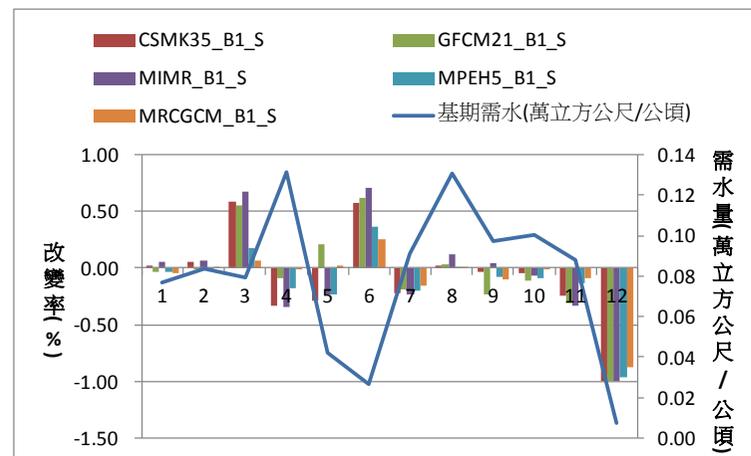
附圖 7-27 B1 情境下石岡壩下游灌區各月灌溉需水量改變率



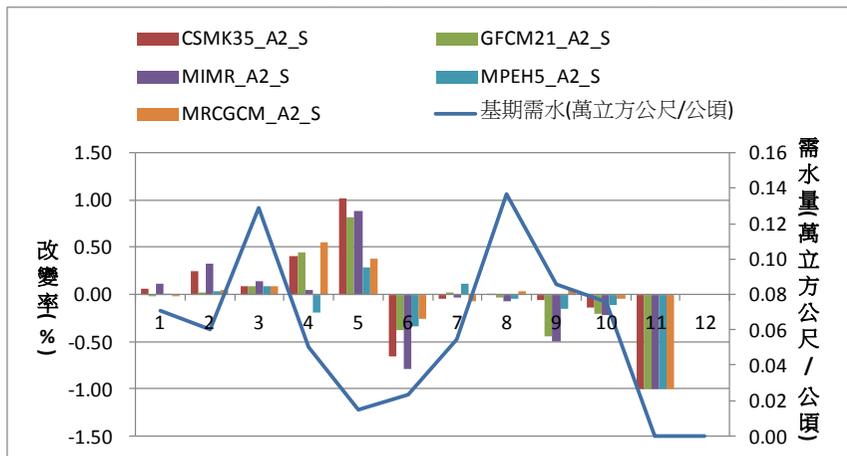
附圖 7-28 A2 情境下彰化灌區各月灌溉需水量改變率



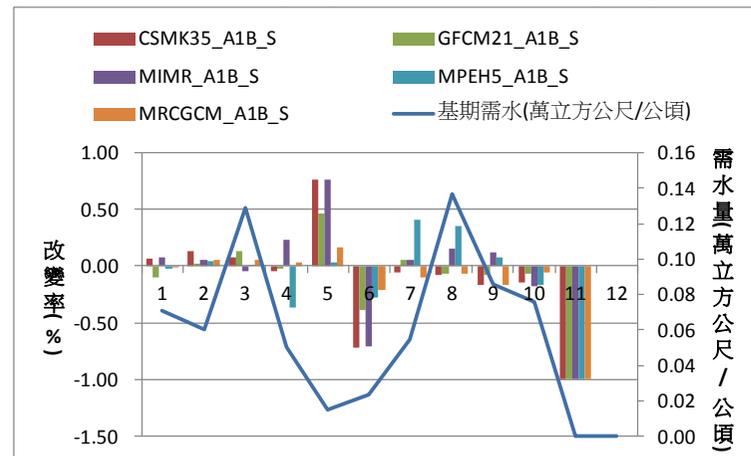
附圖 7-29 A1B 情境下彰化灌區各月灌溉需水量改變率



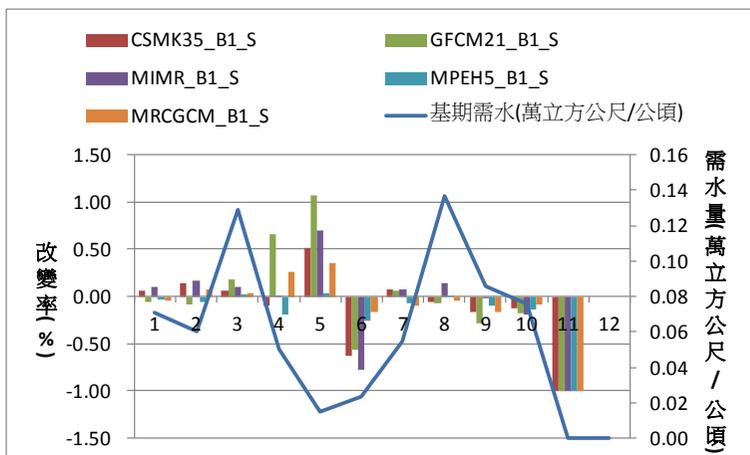
附圖 7-30 B1 情境下彰化灌區各月灌溉需水量改變率



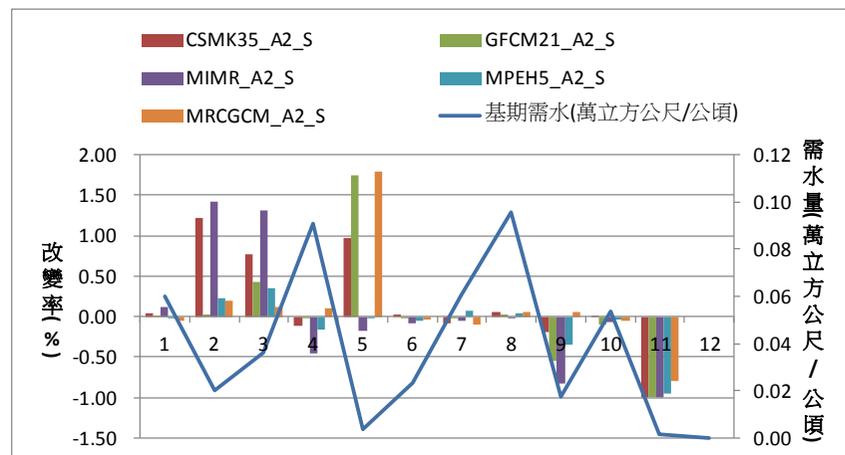
附圖 7-31 A2 情境下雲林灌區各月灌溉需水量改變率



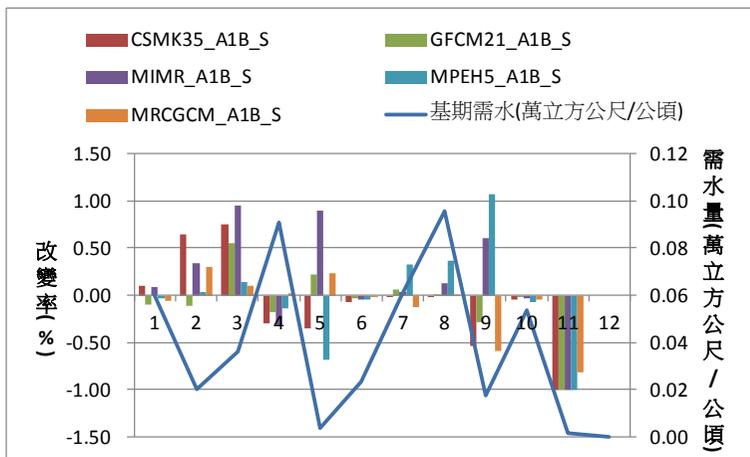
附圖 7-32 A1B 情境雲林灌區各月灌溉需水量改變率



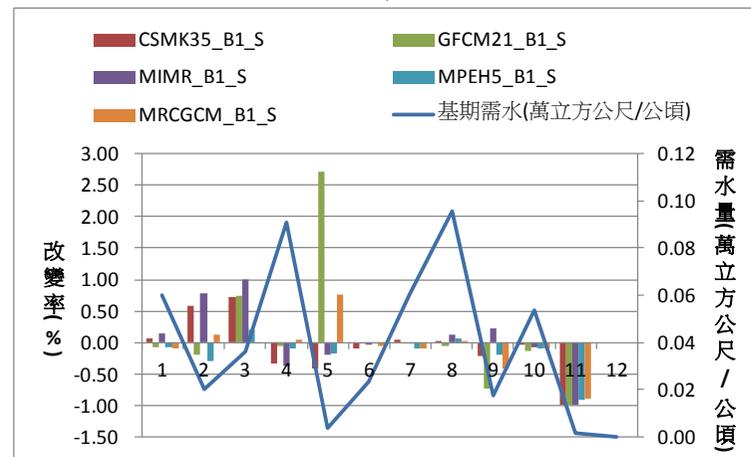
附圖 7-33 B1 情境下雲林灌區各月灌溉需水量改變率



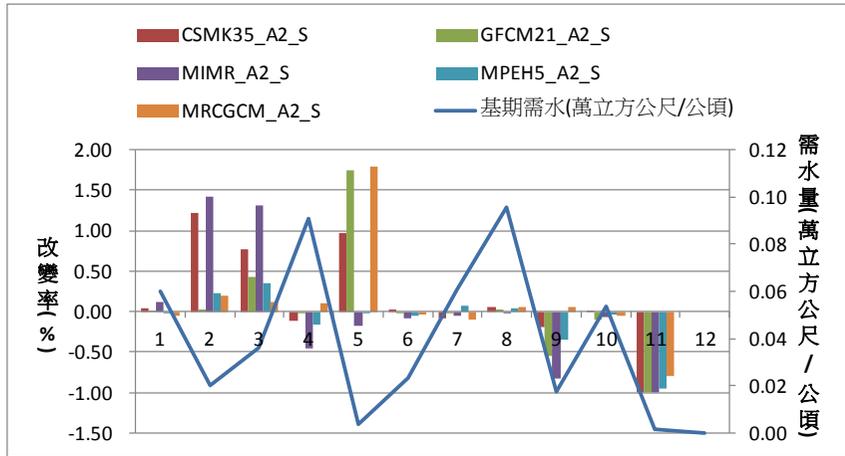
附圖 7-34 A2 情境下中港溪下游灌區各月灌溉需水量改變率



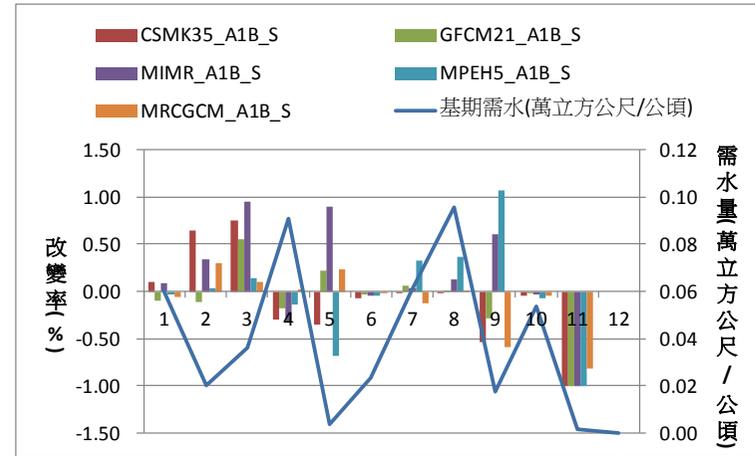
附圖 7-35 A1B 情境下中港溪下游灌區各月灌溉需水量改變率



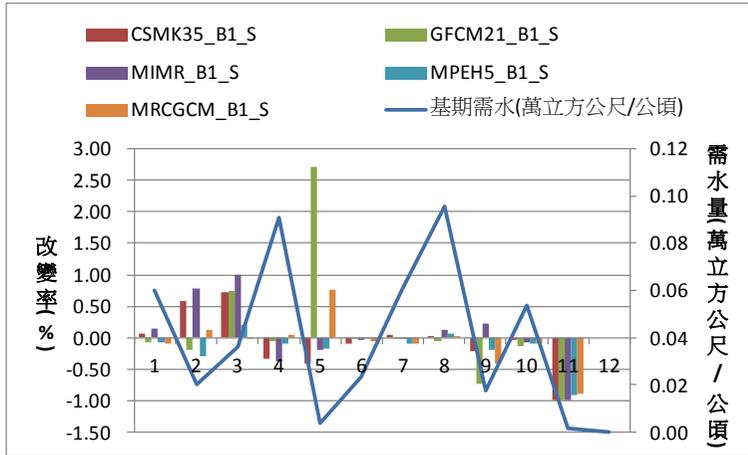
附圖 7-36 B1 情境下中港溪下游灌區各月灌溉需水量改變率



附圖 7-37 A2 情境下峨眉溪灌區各月灌溉需水量改變率



附圖 7-38 A1B 情境下峨眉溪灌區各月灌溉需水量改變率



附圖 7-39 B1 情境下峨眉溪灌區各月灌溉需水量改變率

## 國家圖書館出版品預行編目資料 CIP

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／張良正編著。-- 初版 -- 臺中市：  
水利署水規所，2012.12  
面；公分  
ISBN 978-986-03-4470-7（平裝附光碟片）

1. 水資源管理 2. 給水工程

101022887

### 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

出版機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

地址：臺中市霧峰區中正路 1340 號

電話：(04)23304788

傳真：(04)23300282

網址：<http://www.wrap.gov.tw/>

編著者：國立交通大學/張良正

出版年月：2012 年 12 月

版次：初版

定價：新台幣 500 元

展售門市：五南文化廣場 台中市中山路 6 號 (04) 22260330

<http://www.wunanbooks.com.tw>

國家書店松江門市 台北市松江路 209 號 1 樓 (02) 25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

GPN：1010102711

ISBN：978-986-03-4470-7

著作權利管理資訊：經濟部水利署水利規劃試驗所保有所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求經濟部水利署水利規劃試驗所同意或書面授權。

電子出版：本書附光碟片

聯絡資訊：經濟部水利署水利規劃試驗所

電話 (04) 23304788



廉潔、效能、便民



經濟部水利署水利規劃試驗所

地址：台中市霧峰區吉峰里中正路 1340 號

網址：<http://www.wrap.gov.tw/>

總機：(04)23304788

傳真：(04)23300282

ISBN 978-986-03-4470-7



GPN：1010102711  
定價：新台幣 500 元