



因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)

The Adaptation to Climate Change Impact on
Water Supply and Economy (2/2)



主辦機關：經濟部水利署

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

中華民國 109 年 12 月

因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)

The Adaptation to Climate Change Impact on
Water Supply and Economy (2/2)

主辦機關：經濟部水利署

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

計畫主持人：游保杉

中華民國 109 年 12 月

目錄

表目錄.....	表-1
圖目錄.....	圖-1
摘要.....	摘-1
Abstract.....	A-1
重要計畫項目、成果以及未來應用.....	重-1
結論與建議.....	結-1
第一章 前言.....	1-1
一、計畫緣起.....	1-1
二、計畫目的.....	1-1
三、計畫工作項目.....	1-2
四、計畫研究區域.....	1-6
五、關鍵項目說明與定義.....	1-6
第二章 氣候變遷下可能水文情境.....	2-1
一、氣候變遷情境資料概況.....	2-1
二、情境雨量特性探討.....	2-8
三、氣候變遷下可能水文情境.....	2-11
第三章 經濟水文系統動力模型建置.....	3-1
一、經濟分析理論方法.....	3-1
二、系統動力模型建置說明.....	3-3
三、水源枯旱風險對於經濟影響.....	3-6
四、水源枯旱風險經濟分析.....	3-14
第四章 水源枯旱風險對經濟影響分析.....	4-1
一、漏水率因子(C1)之敏感分析.....	4-2
二、需水量因子(C2)之敏感分析.....	4-3
三、再生水因子(C3)之敏感分析.....	4-5
四、新增庫容因子(C4)之敏感分析.....	4-6

五、跨區供水因子(C5)之敏感分析.....	4-7
六、系統動力因子之敏感分析總結.....	4-8
第五章 水源枯旱風險調適策略組合之效益評估.....	5-1
一、風險調適路徑訂定.....	5-1
二、風險調適策略之效益評估.....	5-12
第六章 枯旱風險調適精進作為之研擬與分析.....	6-1
一、國際枯旱風險調適作為.....	6-1
二、強化水資源韌性之國際案例.....	6-26
三、臺灣枯旱風險調適精進之建議.....	6-28
參考文獻.....	參-1
附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)委託服務計畫審查意見及處理情形.....	附 1-1
附錄二 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)委託服務計畫第 1 次工作會議意見及處理情形.....	附 2-1
附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)委託服務計畫期中審查意見及處理情形.....	附 3-1
附錄四 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)委託服務計畫第 2 次工作會議意見及處理情形.....	附 4-1
附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)委託服務計畫期末審查意見及處理情形.....	附 5-1
附錄六 經濟分析成果.....	附 6-1
附錄七 水資源挑戰與調適策略：國際案例.....	附 7-1

表目錄

表 2-1	TCCIP 統計降尺度資料之全球環流模式清單	2-4
表 2-2	全球環流模式於基期模擬之綜合表現排序	2-7
表 2-3	臺南地區各月雨量之伽瑪機率分布參數與檢定結果	2-14
表 3-1	投入產出表(產業關聯表).....	3-2
表 3-2	區域產業關聯表.....	3-3
表 3-3	民國 100 年臺灣產業關聯表(投入產出表).....	3-8
表 3-4	臺灣五區域之區域產業關聯表	3-11
表 3-5	臺灣五區域國內關聯程度表	3-13
表 3-6	民國 105 年各縣市農業產值	3-15
表 3-7	民國 105 年工業與服務業普查-區域別	3-15
表 3-8	民國 105 年工業及服務業普查-縣市別(1/2)	3-16
表 3-9	民國 107 年各地區產業產值	3-18
表 3-10	民國 107 年各區域農業用水	3-18
表 3-11	民國 107 年各地區工業用水.....	3-19
表 3-12	民國 107 年各地區生活用水	3-19
表 3-13	民國 107 年各地區用水量	3-19
表 3-14	民國 107 年臺南地區各部門產值以及用水量	3-20
表 3-15	民國 107 年各地區用水量	3-20
表 3-16	民國 107 年各地區部門單位用水價值	3-21
表 3-17	民國 107 年各地區家計部門單位用水價值	3-22
表 4-1	敏感分析之基準案例參數與其測試範圍	4-2
表 5-1	四大穩定供水策略彙整表(1/5).....	5-7
表 5-2	臺南地區之水資源調適策略組合	5-12
表 5-3	不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響.....	5-15
表 5-4	不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之供需影響.....	5-16
表 5-5	不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之經濟影響.....	5-21
表 5-6	不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之經濟影響.....	5-21

表 5-7	不同調適策略組合之影響效益	5-22
表 5-8	不同調適策略組合之經濟影響效益與工程經費比值	5-22
表 5-9	不同調適策略組合之綜合排名	5-23
表 6-1	國際枯旱風險之挑戰與調適方案	6-3
表 6-2	國際間水資源韌性強化作為	6-27

圖目錄

圖 1-1	氣候變遷下可能水文情境水源枯旱風險與經濟影響評估架構圖	1-3
圖 1-2	第二年度計畫工作流程	1-5
圖 2-1	RCP4.5 情境下臺南主要集水區月雨量分布情形	2-9
圖 2-2	RCP8.5 情境下臺南主要集水區月雨量分布情形	2-9
圖 2-3	RCP4.5 情境下臺南主要集水區季雨量增減情形	2-10
圖 2-4	RCP8.5 情境下臺南主要集水區季雨量增減情形	2-10
圖 2-5	可能水文情境研擬流程	2-12
圖 2-6	臺南地區各月觀測雨量與擬合雨量之比較(a)平均值與(b)標準偏差	2-14
圖 2-7	臺南地區基期梅雨總量之機率密度函數	2-15
圖 2-8	臺南地區基期颱風總量之機率密度函數	2-15
圖 2-9	臺南地區基期梅雨可能水文情境之總雨量與發生機率	2-16
圖 2-10	臺南地區基期颱風可能水文情境之總雨量與發生機率	2-17
圖 2-11	梅雨與颱風之水文情境組合與聯合發生機率之計算方式	2-17
圖 2-12	基期梅雨與颱風可能水文情境組合之聯合發生機率	2-18
圖 2-13	氣候變遷下可能水文情境衝擊評估流程	2-19
圖 2-14	RCP4.5 情境下臺南地區 8 月雨量之機率密度函數	2-20
圖 2-15	臺南地區基期與未來情境下梅雨總量之機率密度函數	2-20
圖 2-16	臺南地區基期與未來情境下颱風總量之機率密度函數	2-21
圖 2-17	RCP4.5 情境下梅雨可能水文情境之總雨量與發生機率	2-23
圖 2-18	RCP4.5 情境下颱風可能水文情境之總雨量與發生機率	2-23
圖 2-19	RCP8.5 情境下梅雨可能水文情境之總雨量與發生機率	2-24
圖 2-20	RCP8.5 情境下颱風可能水文情境之總雨量與發生機率	2-24
圖 2-21	RCP4.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率	2-26
圖 2-22	RCP8.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率	2-26
圖 3-1	經濟水文系統動力模型架構圖	3-4
圖 3-2	經濟水文系統動力模型詳圖	3-4

圖 3-3	量化枯旱經濟風險評估程序圖	3-6
圖 4-1	策略敏感分析流程與分析結果示意圖	4-1
圖 4-2	漏水率因子之敏感分析結果	4-3
圖 4-3	需水量因子之敏感分析結果	4-4
圖 4-4	再生水因子之敏感分析結果	4-5
圖 4-5	新增庫容因子之敏感分析結果	4-6
圖 4-6	跨區供水因子之敏感分析結果	4-8
圖 4-7	不同系統動力因子對公共用水缺水量之敏感性	4-9
圖 4-8	不同系統動力因子對經濟影響之敏感性	4-10
圖 5-1	臺南地區公共給水供需圖	5-2
圖 6-1	開普敦長期雨量資料與近三年雨量資料比較圖	6-22
圖 6-2	開普敦主要蓄水設施近年(2014 至 2018 年)蓄水情況.....	6-23
圖 6-3	無水日與水情看板.....	6-24
圖 6-4	開普敦市民各項日常用水之概估水量	6-25

摘要

本計畫主要目的為評估氣候變遷下可能水文情境造成之供需影響與經濟影響，並藉由考慮可能水文情境之發生機率搭配供需影響與經濟影響，以量化枯旱風險值，提供決策者不同調適策略下客觀之風險評估結果，可作為後續水資源政策之效益評估參考。

針對氣候變遷下可能水文情境資料產製，係藉由綜合考慮氣候變遷情境與可能水文情境之影響，其定義如下：

$$\text{氣候變遷下可能水文情境} = \text{氣候變遷情境} + \text{可能水文情境} \quad (\text{摘-1})$$

其中，氣候變遷情境資料係採用「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(簡稱 TCCIP)所提供之 AR5 降尺度資料，而可能水文情境則係考慮梅雨與颱風之水文變異，例如：梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況。

面對氣候變遷下可能水文情境資料之不確定性，本計畫參考決策理論中期望值準則，整合機率概念進行水源枯旱風險之計算，提供決策者客觀之量化風險值，以作為後續水資源政策之效益評估參考，水源枯旱風險定義為枯旱影響(供需影響或經濟影響)之期望值：

$$\text{水源枯旱風險} = \sum_{i=1}^N \text{枯旱影響}_i \times \text{水文情境發生機率}_i \quad (\text{摘-2})$$

其中， i 為水文情境之編號，而 N 則為水文情境之總數量。

依據 RCP4.5 情境下可能水文情境之調適策略評估結果顯示：臺南未來推動調適策略中，以再生水工程(S4)、臺南高雄水源聯合運用(S2)以及南化水庫加高工程(S5)之綜合效益較高，可分別減少枯旱經濟影響約 18.03、13.73 以及 8.34 百億元/年。

此外，氣候變遷下可能水文情境之供需影響分析結果顯示：「梅雨偏少+颱風偏少」與「梅雨延遲+颱風偏少」造成之供需影響較為顯著，為能夠進一步舒緩極端枯旱水文情況造成之供需影響，建議臺南未來可參考國際上水資源調適經驗，強化再生水與海淡水等替代水源之發展，以穩定枯旱時期供水。

關鍵字：氣候變遷、水文情境、枯旱風險、經濟分析。

Abstract

This project aims to assess the impact of hydrological variation under climate change scenarios on water supply and economy. The assessment results are used to quantify drought risk for various adaptation strategies. Then, the quantitative values of drought risk can be used as a basis for water policy assessment or decision making.

In this project, the hydrological variation under climate change scenarios (HVCCS) is defined as below:

$$\text{HVCCS} = \text{climate change scenarios} + \text{hydrological variation} \quad (\text{A-1})$$

where, climate change scenarios are the AR5 downscaled data from Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform (TCCIP) and hydrological variation is the variation of mei-yu and typhoon such as below normal, delay and normal conditions.

For decision problems under uncertainty (climate change scenarios and hydrological variations), the expected value criteria of decision theory is applied to provide decision maker a quantitative estimation of drought risk. The drought risk is defined as below:

$$\text{risk} = \sum_{i=1}^N \text{impact}_i \times \text{occurrence probability}_i \quad (\text{A-2})$$

where, i stands for i th HVCCS and N is the total number of HVCCS.

The results of policy evaluation show that: (1) the reclaim water project, (2) the conjunctive water use between Tainan and Kaohsiung project and (3) raising of Nanhua Dam are recognized as high overall-benefits projects, they are estimated to reduce economic loss by 180.3, 137.3 and 83.4 billion dollars per year, respectively.

The results of water supply analysis show that: “below normal mei-yu and below normal typhoon condition” and “delay mei-yu and below normal typhoon condition” will cause significant water shortage. To mitigate the water shortage, it is suggested that the Tainan city should promote reclaim water and desalination

project to further stabilize water supply during drought periods.

Keywords: climate change, hydrological scenario, drought risk, economic analysis.

重要計畫項目、成果以及未來應用

一、氣候變遷下可能水文情境資料

本計畫藉由綜合考慮氣候變遷情境與可能水文情境，進行氣候變遷下可能水文情境研擬，作為後續水源供需分析與經濟分析之依據，以評估氣候變遷下可能水文情境臺南地區可能面臨之水源枯旱風險，其定義如下：

$$\text{氣候變遷下可能水文情境} = \text{氣候變遷情境} + \text{可能水文情境} \quad (1)$$

其中，氣候變遷情境資料主要係採用 TCCIP 所提供之降尺度資料，而可能水文情境則考慮梅雨與颱風之水文變異，例如：梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況。

中央氣象局於季長期天氣展望中，定義降雨偏少為其降雨總量累積機率分布函數值小於等於 30%。本計畫參考並延伸其作法，進一步說明與定義梅雨與颱風雨之偏少、延遲以及正常等可能水文情境如下：

(一)偏少情境

若梅雨或颱風雨符合偏少特性，其整體降雨總量相較於歷史長期平均會有較少情況。偏少情境之定義為降雨總量之累積機率分布函數值小於等於 30%。

(二)延遲情境

若梅雨或颱風雨符合延遲特性，其首月降雨總量相較於歷史長期平均會有較低情況，即梅雨季首月(5月)或颱風季首月(7月)發生較低降雨總量，但需排除上述偏少情境。延遲情境之定義為降雨總量之累積機率分布函數值大於 30%且首月降雨總量之累積機率分布函數值小於等於 30%。

(三)正常情境

若梅雨或颱風雨符合正常特性，其整體降雨總量會接近或高於歷史長期平均值。正常情境之定義為降雨總量之累積機率分布函數值大於 30%且首月降雨總量之累積機率分布函數值大於 30%，或者同時排除上述偏少情境與延遲情境之資料即為正常情境。

未來應用建議：基於氣候變遷下可能水文情境資料，本計畫得以探討梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況下水資源系統供水情況，建議未來於水資源規劃管理或檢討時，亦可以將不同可能水文情境納入考慮，以評估嚴重枯旱對於水資源系統之影響。此外，氣候變遷下可能水文情境資料亦可應用於各地區定期之供水情勢分析，以瞭解不同水文情況發生時可能遭遇之供需情況。

二、氣候變遷對可能水文情境之衝擊

(一)總雨量之機率密度函數

就氣候變遷對梅雨(圖-1)與颱風(圖-2)之總量影響而言，衝擊分析結果顯示：未來梅雨總量之平均值有增加情況；而基期梅雨總量之機率密度函數形狀較為集中，未來梅雨總量之機率密度函數形狀則較為分散，即未來極端小雨(梅雨)與極端大雨(梅雨)之發生機率有增加情況；未來颱風總量之平均值有增加情況；而基期颱風總量之機率密度函數形狀較為集中，未來情境下颱風總量之機率密度函數有右偏情況(雨量變更大)。以水資源管理調度角度而言，需特別注意極端小雨(梅雨)情況，尤其南部地區經常仰賴梅雨補注水庫蓄水量，梅雨不足可能造成用水緊張，若極端小雨(梅雨)情況因氣候變遷影響而更常發生，將造成水資源管理調度之難度增加。

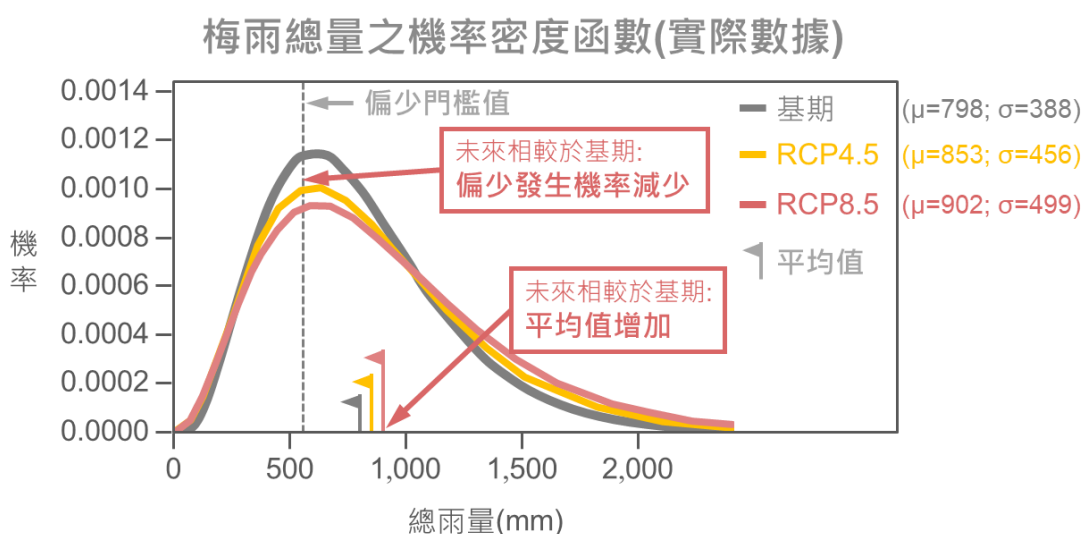


圖-1 臺南地區基期與未來情境下梅雨總量之機率密度函數

颱風總量之機率密度函數(實際數據)

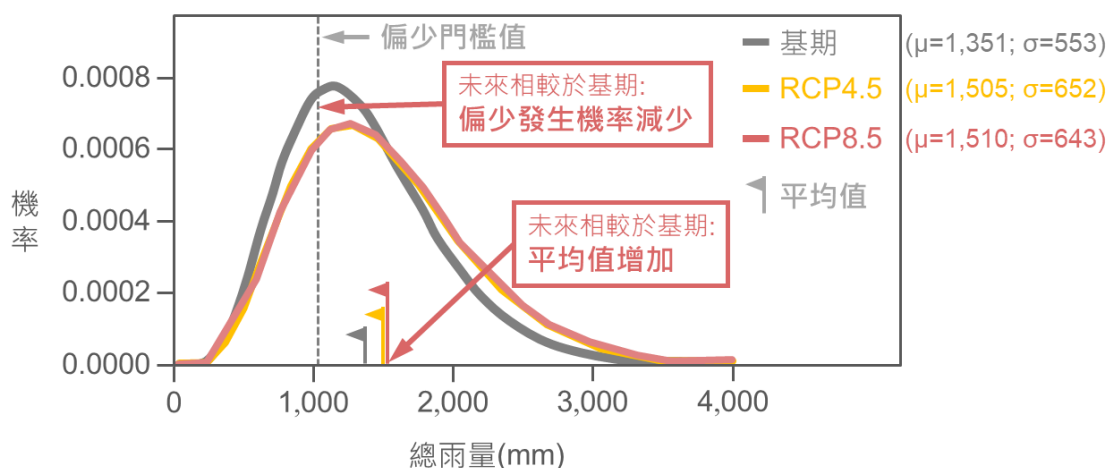


圖-2 臺南地區基期與未來情境下颱風總量之機率密度函數

(二)聯合發生機率

就氣候變遷對梅雨(圖-3)與颱風(圖-4)之聯合發生機率而言，衝擊分析結果顯示：雖然未來情境下「梅雨正常與颱風正常」之聯合發生機率增加，但「梅雨延遲」與「颱風延遲」之邊際發生機率亦有增加情況，即雨量相對豐沛之機率增加但同時梅雨延遲與颱風延遲之機率亦有所增加，未來會朝極端水文情況更加頻繁發生之方向發展。

基期情境下聯合發生機率					RCP4.5情境下聯合發生機率				
梅雨 \ 颱風	偏少	延遲	正常	加總	梅雨 \ 颱風	偏少	延遲	正常	加總
偏少	10.7	4.3	19.5	<u>34.6</u>	偏少	8.2	4.8	19.8	<u>32.8</u>
延遲	4.2	1.7	7.6	<u>13.4</u>	延遲	3.7	2.2	8.9	<u>14.7</u>
正常	16.1	6.5	29.3	<u>52.0</u>	正常	13.2	7.7	31.6	<u>52.4</u>
加總	<u>31.1</u>	<u>12.5</u>	<u>56.4</u>		加總	<u>25.1</u>	<u>14.6</u>	<u>60.3</u>	

註：粗體底線數字代表邊際發生機率

註：粗體底線數字↑ 機率增加 際發生機率

圖-3 RCP4.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率



圖-4 RCP8.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率

未來應用建議：本計畫應用伽瑪機率分布參數(雙參數：alpha 與 beta)擬合各月雨量、梅雨以及颱風雨，並配合統計檢定方法檢測雨量資料是否符合伽瑪機率分布，檢定結果顯示各月雨量皆可應用伽瑪機率分布加以描述。未來可應用率定之伽瑪機率分布參數進行可能水文情境資料繁衍以提供其他相關計畫或研究進行後續衝擊評估。

三、系統動力因子敏感分析

敏感分析結果顯示(圖-5)：需水量因子對於經濟影響之衝擊最為顯著，其造成之經濟影響改變幅度最大(斜率最大)，調整幅度±5%對應之經濟影響改變幅度可達±5.81%；漏水率因子與再生水因子對於經濟影響之衝擊屬於中度衝擊，其造成之經濟影響改變幅度次大(斜率次大)，調整幅度±5%對應之經濟影響改變幅度分別為±1.67%與±1.70%；新增庫容因子與跨區供水因子對於經濟影響之衝擊則較不顯著，其造成之經濟影響改變幅度相對較小(斜率較小)，調整幅度±5%對應之經濟影響改變幅度分別為±1.15%與±1.13%。整體而言，本計畫藉由不同系統動力因子對於水源供需與經濟影響之敏感分析，辨識出具有較顯著影響之系統動力因子，敏感分析結果顯示：需水量因子對於水資源系統造成之影響最為顯著，漏水率因子與再生水因子之影響屬於中度衝擊，而新增庫容因子與跨區供水因子之影響則相對較小。

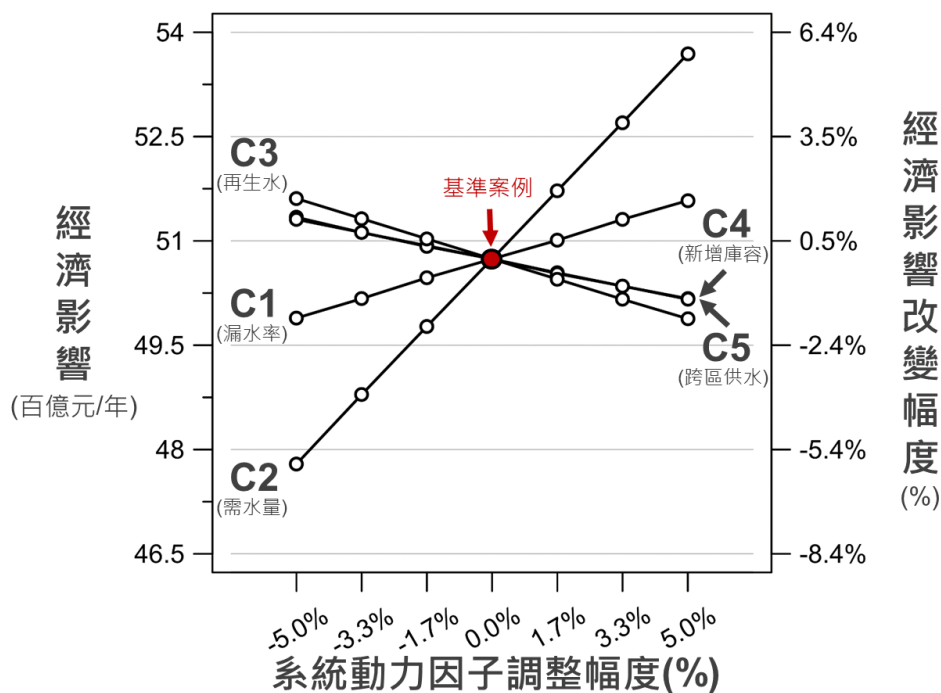


圖-5 不同系統動力因子對經濟影響之敏感性

四、風險調適策略之效益評估

依據水資源調適策略盤點結果，本計畫設定 7 種不同調適策略組合 (表-1) 進行對應之水源供需影響分析。而針對不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之經濟影響，本計畫選擇水源量相對充沛之調適策略組合(S1)作為基準，探討其餘調適策略組合之經濟影響效益 (期望經濟影響增加情況)，並進一步分析比值效益(經濟影響效益/工程經費)，以瞭解不同調適策略之綜合效益，分析結果指出(表-2)：臺南地區即將上場調適策略之中，以再生水(S4)、臺南高雄水源聯合運用(S2)以及南化水庫加高工程(S5)之綜合效益較高。

表-1 臺南地區之水資源調適策略組合

水資源調適策略	效益說明	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
臺南高雄水源聯合運用	供應+7.0 萬噸/日		X					
降低漏水率計畫	需求+4.7 萬噸/日			X				
再生水	供應+8.3 萬噸/日				X			
南化水庫加高	供應+3.9 萬噸/日					X		
白河水庫後續更新改善	供應+2.8 萬噸/日						X	
臺南大湖	供應+10.0 萬噸/日							X

註：X 表示該項調適策略無法順利推動或無法順利上場。

表-2 不同調適策略組合之綜合排名

水資源調適策略 ¹	排名(A) 影響效益	排名(B) 比值效益 ²	排名(A)+排名(B) 綜合效益
S2：臺南高雄水源聯合運用	2	3	2
S3：降低漏水率計畫	5	4	4
S4：再生水(仁德、永康、安平)	1	2	1
S5：南化水庫加高工程	4	1	2
S6：白河水庫後續更新改善	6	5	6
S7：臺南大湖工程	3	6	4

註：¹參考自「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)；²比值效益=經濟影響效益/工程經費。

五、國際城市之枯旱風險調適經驗

本計畫除考慮臺灣目前或規劃推動之調適策略外，亦參考國際上水資源調適策略經驗，期望能借鏡國際以進一步舒緩乾旱可能對臺灣造成之供需影響與經濟影響，並作為未來因應極端枯旱之調適參考。本計畫回顧不同國際城市面對枯旱風險之挑戰與調適方案，整理如表-3 所示：

表-3 國際枯旱風險之挑戰與調適方案

城市名稱 (國家)	面臨挑戰	調適方案
雪梨 (澳洲)	氣候變遷與人口成長嚴重影響用水安全。	強化韌性以因應氣候變遷，例如：減少用水並尋求替代水源，同時透過洪水管理改善水道環境。
新加坡 (新加坡)	無天然水源、需水成長、水資源永續性等議題。	採用多元供水(即：新生水與海淡水)因應，並搭配需水量管理，持續投資相關科研與技術。
阿姆斯特丹 (荷蘭)	強降雨事件、重要設施韌性、水循環經濟等議題。	藉由整合型組織推動調適策略之主流化(mainstreaming)
里昂 (法國)	熱島效應、缺水事件、產業與觀光人口增加。	重新整治水環境以增加民眾福祉、天然空間以及透水面積。
哥本哈根 (丹麥)	人口增加與用水成長、氣候變遷下強降雨事件。	市區房價合理化、強化排水系統與基礎設施的防洪能力。
昆山 (中國)	地勢低窪、人口增加、用水安全與水質疑慮增加。	將城市轉化成為集水區、洪水最小化、減少城市汙染、舒緩洪災風險。
墨爾本 (澳洲)	乾旱、暴雨逕流汙染、水源供應、人口增加、未來氣候趨於更加乾熱。	確保民眾參與合作，並配合多元供水以因應用水成長。
深圳 (中國)	快速都市化、水源不足以及汙染問題。	打造海綿城市，努力減少開發的環境衝擊，並建立永續且健康的水循環系統。
珀斯 (澳洲)	水源不足、極端天氣、城市過熱以及海面上升。	推廣節水、投資雨水儲蓄利用、尋找替代水源以及導入綠色基礎設施與汙水處理。
西安 (中國)	水源不足、都市水環境劣化、快速工業化、人口成長、過度使用水資源。	確保水質與充足水源、整合都市水管理以改善水質。
開普敦 (南非)	於 2015 至 2018 期間遭遇數百年一遇的乾旱事件。	資訊揭露、節水宣導、水價政策、水法。

資料來源：本計畫整理自 City Water Stories, The International Water Association 與開普敦水服務與都市水循環報告(City of Cape Town, 2017)。

結論與建議

一、結論

- (一)本計畫主要目的為評估氣候變遷下可能水文情境造成之供需影響與經濟影響，並藉由考慮可能水文情境之發生機率搭配供需影響與經濟影響，以量化枯旱風險值，提供決策者不同調適策略下客觀之風險評估結果，可作為後續水資源政策之效益評估參考。
- (二)就氣候變遷對梅雨與颱風總量影響而言，衝擊分析結果顯示：未來梅雨總量之平均值有增加情況；而基期梅雨總量之機率密度函數形狀較為集中，未來梅雨總量之機率密度函數形狀則較為分散，即未來極端小雨(梅雨)與極端大雨(梅雨)之發生機率有增加情況；未來颱風總量之平均值有增加情況；而基期颱風總量之機率密度函數形狀較為集中，未來情境下颱風總量之機率密度函數有右偏情況(雨量變更大)。
- (三)就氣候變遷對梅雨與颱風之聯合發生機率而言，衝擊分析結果顯示：雖然未來情境下「梅雨正常與颱風正常」之聯合發生機率增加，但「梅雨延遲」與「颱風延遲」之邊際發生機率亦有增加情況，即雨量相對豐沛之機率增加但同時梅雨延遲與颱風延遲之機率亦有所增加，未來會朝極端水文情況更加頻繁發生之方向發展。
- (四)本計畫藉由不同系統動力因子對於水源供需與經濟影響之敏感分析，辨識出具有較顯著影響之系統動力因子，敏感分析結果顯示：需水量因子對於水資源系統造成之影響最為顯著，漏水率與再生水因子之影響屬於中度影響，而新增庫容與跨區供水因子之影響則相對較小。
- (五)依據 RCP4.5 情境下可能水文情境之經濟影響分析結果顯示：臺南未來推動調適策略中，以再生水工程(S4)、臺南高雄水源聯合運用(S2)以及南化水庫加高工程(S5)之綜合效益較高，可分別減少枯旱經濟影響約 18.03、13.73 以及 8.34 百億元/年。

二、建議

- (一)在民國 125 年臺南全部水資源調適策略皆順利上場情況下，RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響分析結果顯示：「梅雨偏少+颱風偏少」與「梅雨延遲+颱風偏少」仍可分別造成 15.4%與 13.1%之缺水率，此兩種氣候變遷下水文情境之供需影響較為顯著，為能進一步舒緩極端枯旱水文情況造成之供需影響，建議臺南未來可參考國際上水資源調適經驗，強化再生水與海淡水等替代水源之發展，以穩定枯旱時期供水。惟臺灣於多元供水(再生水與海淡水)推動上仍有許多困難有待克服，例如：對於工業廠商而言，因多元供水之水價較高，故廠商較無意願使用再生水與海淡水。
- (二)基於氣候變遷下可能水文情境資料，本計畫得以探討梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況下水資源系統供水情況，建議未來於水資源規劃管理或檢討時，亦可以將不同可能水文情境納入考慮，以評估嚴重枯旱對於水資源系統之影響。

第一章 前言

一、計畫緣起

近年世界各地極端氣候頻傳，旱災發生頻率增加，影響層面深遠，經常造成嚴重經濟損失。民國 103 年臺灣各地秋冬期間降雨偏少，導致長達 9 個月之枯旱情況，水情惡劣時期新北市板新、林口地區、桃園市及高雄地區被迫實施第三階段限水，採取供五停二措施以控制水源運用，旱象直至 5 月底梅雨鋒面抵達才逐漸舒緩。

面臨極端天氣，除強化現有之防災體系與因應作為，更需預先執行衝擊風險分析與調適策略研擬，使災時損失降至最低。為強化因應氣候變遷之抗旱手段與面對災變之危機處理能力，故研提本計畫；除分析氣候變遷下可能水文情境，以探討氣候變遷下可能水文情境之水源枯旱風險與調適策略，配合經濟分析，推估水源枯旱可能造成之經濟損失。並建構經濟水文系統動力圖，建立氣候水文、調適策略與水源枯旱經濟損失的因果關係，以作為決策支援之參考資訊。此外，透過盤點計畫區域內相關因應措施，以舒緩枯旱之衝擊與影響，於未來嚴重枯旱發生時，可提供水資源運用之重要參考。

二、計畫目的

本計畫採兩年工作期程(民國 108 至 109 年)針對臺灣易受乾旱影響之臺南地區進行枯旱風險評估與水資源政策評估，綜合探討計畫區域在不同調適策略組合與各種氣候變遷下可能水文情境所面臨之供需影響與經濟影響，以提供水資源政策評估之決策參考。主要計畫目的包含：(1)氣候變遷下可能水文情境研擬、(2)水源枯旱風險評估(供需分析與經濟分析)以及(3)風險調適策略評估。各年度計畫之重要目的說明如下：

(一)第一年度(民國 108 年)

第一年度計畫基於「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台」(簡稱 TCCIP)提供之第四版評估報告(AR4)氣候變遷情境統計降尺度資料，作為氣候變遷下未來可能發生之情境雨量，並藉由經驗累積機率函數考慮歷史梅雨季與颱風季之平均總雨量與變異，據以擬

定計畫研究區域梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常等情境，作為水源枯旱風險分析之依據，以探討各種水文情境對於計畫研究區域可能造成之供需影響與經濟影響。

(二)第二年度(民國 109 年)

為符合水利署於氣候變遷情境設定之推動方向，於情境資料全面改採用 TCCIP 所提供之第五版評估報告(AR5)氣候變遷情境統計降尺度資料，作為氣候變遷下未來可能發生之情境雨量，並精進可能水文情境產製流程，選擇機率密度函數以擬訂計畫研究區域可能發生梅雨或颱風之偏少、延遲以及正常等情境。

第二年度計畫主要聚焦氣候變遷下可能水文情境資料(AR5)與經濟分析方法(更新至民國 107 年)之精進與更新，並建置經濟水文系統動力模型，提供氣候變遷、調適手段與水資源經濟影響的因果關係，以評估計畫研究區域在氣候變遷下可能水文情境不確定性造成水源枯旱風險與經濟影響之衝擊，建立調適策略組合效益評估調適路徑，以供水資源政策優選順序決策參考。

三、計畫工作項目

本計畫採兩年工作期程(民國 108 至 109 年)完成分析工作，兩年度計畫架構如圖 1-1 所示。其中，第一年度工作重點主要聚焦氣候變遷考慮梅雨與颱風可能情境下的水源枯旱風險評估，研擬各種可能發生之水文情境，例如：考慮梅雨或颱風雨在偏少、延遲以及正常發生機率，並評估氣候變遷下可能水文情境水源枯旱風險與提供水源枯旱經濟分析之初步成果；而第二年度工作重點則聚焦情境資料更新、經濟分析方法精進以及水源枯旱風險調適策略優選順序決策評估。其中，決策評估主要係藉由建置經濟水文系統動力模型，提供經濟影響因果關係，並配合風險調適策略進行對應之經濟分析，以瞭解調適策略之效益。整體工作項目分年度敘述如下：

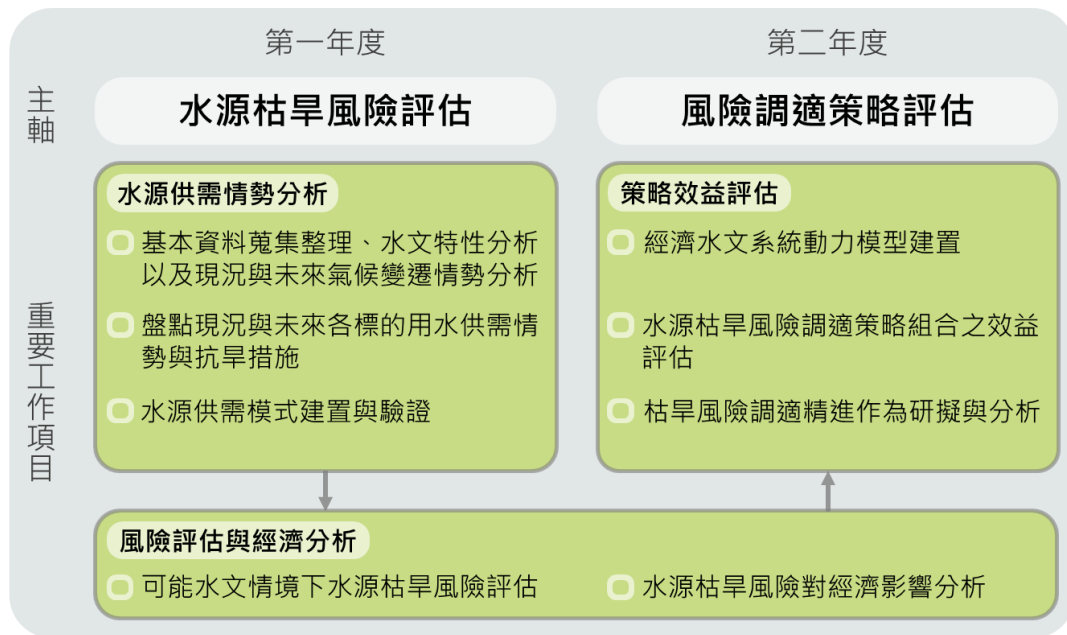


圖 1-1 氣候變遷下可能水文情境水源枯旱風險與經濟影響評估架構圖

(一)第一年度(民國 108 年)計畫工作項目

1、基本資料蒐集、水文特性分析及現況與未來氣候變遷情勢分析

(1)基本資料蒐集

蒐集計畫區域水源基本資料作為水源枯旱風險分析與經濟分析之基礎，包含：水文資料、水資源系統架構、生態基流量、水庫標高-面積-容積(H-A-V)曲線、輸水與淨水損失、水庫操作規線以及計畫配水量等資料。

(2)水文特性分析

針對計畫區域水文資料(例如：各月份水文統計量與超越機率流量)進行基本統計分析與門檻值分析，探討其水文特性與枯旱流量特性。

(3)現況與未來氣候變遷情勢分析

採用趨勢與變異點分析方法進行歷史水文資料分析，用以檢測歷史氣候變化。再探討不同氣候變遷情境設定下水文資料特性變化，評析計畫區域水文特性於過去與未來之情勢。

2、盤點現況與未來各標的用水供需情勢與抗旱措施

針對計畫區域內之水源供需資料進行盤點，包含：水源量、各標的需水量以及供需差額，以探討水源供需情勢與用水組成。

此外，彙整歷年枯旱事件、抗旱措施以及未來有可能啟用之水源設施，作為「開源、節流、調度以及備援」四大策略穩定用水之依據。

3、水源供需模式建置與驗證

建置水源供需模式以探討計畫區域之供水情況，並進行數值模式驗證。此外，更新相關水源供需資料，以探討現況與氣候變遷下之供水情況。

4、可能水文情境下水源枯旱風險評估

(1)水文情境研擬

依據歷史水文特性研擬不同水文情境，例如：梅雨偏少、梅雨延遲、梅雨正常、颱風雨偏少、颱風雨延遲以及颱風雨正常等氣候變遷下可能水文情境，作為後續水源枯旱風險分析之情境依據。

(2)水源枯旱風險分析

依據上述氣候變遷下可能水文情境進行水源枯旱風險分析，以分析各標的用水可能面臨之枯旱風險。

(二)第二年度(民國 109 年)計畫工作項目

圖 1-2 為第二年度計畫工作流程與各個工作項目之關係，其主要目標在於水源枯旱風險調適策略評估，依步驟說明如下：(1)藉由蒐集臺灣在地策略與借鏡國際策略，盤點出可行之調適策略項目，以作為策略評估之對象；(2)配合經濟水文系統動力模型進行供需影響分析與經濟影響分析，評估採用不同調適策略所面對之枯旱風險(供需影響或經濟影響)程度；(3)基於各個策略所對應之期望供需影響或期望經濟影響，進行調適策略評估，以辨識出高效益策略提供決策參考。

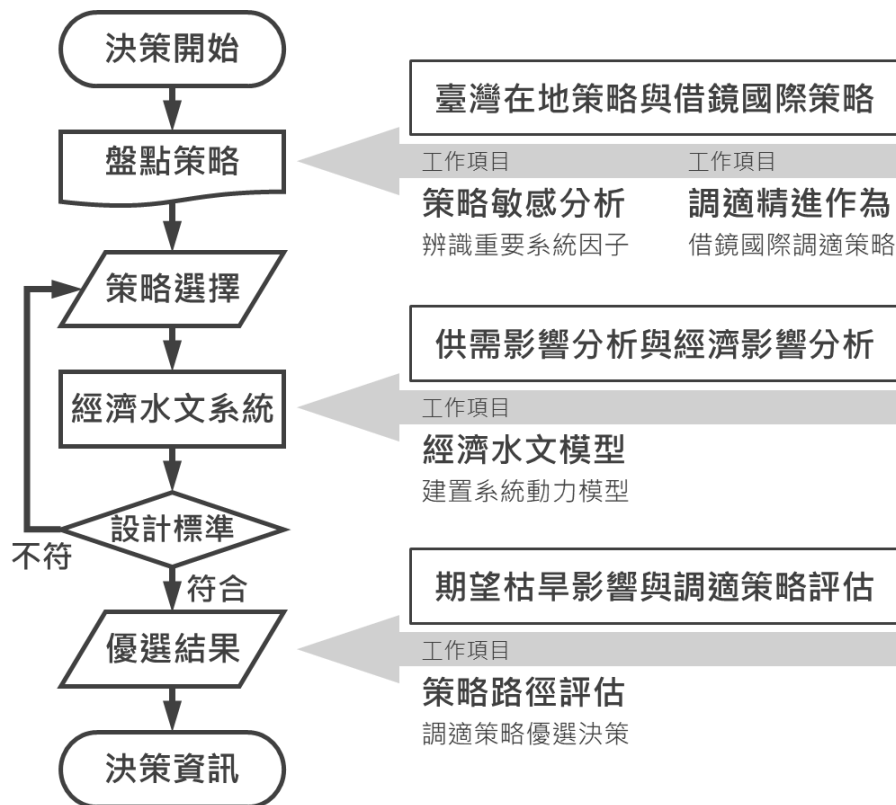


圖 1-2 第二年度計畫工作流程

1、經濟水文系統動力模型建置

(1)經濟分析理論方法

針對經濟分析理論方法(例如：投入產出)進行說明，作為後續水源枯旱風險對於經濟影響之理論依據。

(2)系統動力模型建置說明

建置經濟水文系統動力模型以提供氣候變遷、調適策略、經濟影響相互的因果關係圖，藉由系統動力模型釐清前端影響變量、理論模式以及後端系統反應之關係。

(3)水源枯旱風險對於經濟影響

基於 108 年度產製之氣候變遷下可能水文情境資料，同時考慮氣候變遷與可能水文情境下水源枯旱風險對於各種產業(農業、民生以及工業)之經濟影響。

2、水源枯旱風險對經濟影響分析

基於經濟水文系統動力模型進行敏感度分析，探討與辨識重要影響變量(調適手段)對於水源枯旱風險與經濟之影響程度，

提供後續調適策略優選順序決策研擬作為參考。

3、水源枯旱風險調適策略組合之效益評估

(1)風險調適路徑訂定

參考水資源經理基本計畫、四大穩定供水策略以及前瞻計畫之水源調適策略，進行水源枯旱風險調適盤點，以訂定各種調適策略路徑。

(2)風險調適策略之效益評估

基於 108 年度產製之氣候變遷下可能水文情境資料，同時考慮氣候變遷與可能水文情境之水源枯旱風險與經濟影響，並搭配調適路徑分析對應經濟影響，作為調適策略優選順序決策評估參考。

4、枯旱風險調適精進作為之研擬與分析

除考慮上述水源枯旱風險調適路徑之外，參考國內外其他枯旱風險調適經驗，進行枯旱風險調適精進作為之研擬與分析，以進一步舒緩乾旱可能造成之缺水風險與經濟影響。

四、計畫研究區域

本計畫選擇臺南地區作為計畫研究區域，其豐枯水期雨量懸殊亟需仰賴水庫蓄存豐水期水量，以穩定全年供水。一旦梅雨或颱風降雨發生雨量偏離常態情況，臺南地區即易受枯旱影響而造成用水緊張與經濟衝擊，例如：農業停灌與衝擊南科產值等。臺南地區除枯旱風險較高之外，且其用水標的多元，包含民生、工業以及農業用水，適合探討水源枯旱風險對於各產業造成之經濟影響。

五、關鍵項目說明與定義

本計畫關鍵項目包含：(1)氣候變遷下可能水文情境、(2)枯旱經濟影響分析、(3)水源枯旱風險以及(4)水資源經濟與政策評估，針對各項目詳細說明如下：

(一)氣候變遷下可能水文情境

藉由綜合考慮氣候變遷情境與可能水文情境，進行氣候變遷下可能水文情境研擬，作為後續水源供需分析與經濟分析之依據，以評估氣候變遷下可能水文情境臺南地區可能面臨之水源枯旱風險，其定義如下：

$$\text{氣候變遷下可能水文情境} = \text{氣候變遷情境} + \text{可能水文情境} \quad (1-1)$$

其中，氣候變遷情境資料主要係採用 TCCIP 所提供之降尺度資料，而可能水文情境則考慮梅雨與颱風之水文變異，例如：梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況。

(二)枯旱經濟影響分析

為探討枯旱可能造成之經濟影響，本計畫藉由民國 107 年農業、工業與服務業之各產業單位用水產值來估算枯旱造成之直接經濟損失，再配合區域投入產出表量化枯旱造成之間接經濟影響，以綜合考慮枯旱造成之直接與間接衝擊：

$$\text{枯旱經濟影響} = \text{直接損失} + \text{間接影響} \quad (1-2)$$

其中，直接損失為枯旱對於各個產業(產值)造成之直接經濟衝擊，而間接影響則為考慮枯旱產值衝擊對於其他產業或區域所造成之間接經濟影響。

(三)水源枯旱風險

針對水文高度不確定性下之調適策略優選順序決策問題，參考決策理論中期望值準則(expected value criterion)，整合機率概念進行水源枯旱風險之計算，提供決策者合理且客觀之量化風險值，以作為後續水資源政策優選順序推動參考。本計畫將水源枯旱風險定義為枯旱影響(供需影響或經濟影響)之期望值¹：

$$\text{水源枯旱風險} = \sum_{i=1}^N \text{枯旱影響}_i \times \text{水文情境發生機率}_i \quad (1-3)$$

其中， i 為水文情境之編號，而 N 則為水文情境之總數量。

¹第一年度計畫於水源枯旱風險定義上係先採用供需影響(缺水率)之期望值，而第二年度計畫則改採用經濟影響之期望值來量化水源枯旱風險。

(四)水資源經濟與政策評估

針對各個調適策略分析其無法順利推動或無法上場情況之水源枯旱風險，以探討不同調適策略之效益(基於供需影響或經濟影響)，進行高效益策略辨識並作為策略評估之依據。例如：高效益之調適策略若無法順利推動或無法上場，其對應之供需影響(缺水率)或經濟影響(直接損失+間接影響)增加情況將較顯著。

$$\text{策略效益} = \text{枯旱風險}_{\text{無策略}} - \text{枯旱風險}_{\text{有策略}} \quad (1-4)$$

其中，若策略為欲評估之特定調適策略，枯旱風險_{無策略}係指其無法推動所對應之枯旱風險，而枯旱風險_{有策略}則為其順利推動所對應之枯旱風險。

第二章 氣候變遷下可能水文情境

為因應「臺灣各區水資源經理基本計畫(草案)提報原則」與「109年經理計畫滾動檢討」採用 AR5 氣候變遷情境資料，本計畫針對氣候變遷下可能水文情境之資料與產製流程進行更新與精進，以符合水利署於氣候變遷情境設定之推動方向，並提供相關水資源計畫後續於氣候變遷情境設定作為參考。以下分別說明：(1)氣候變遷情境資料概況、(2)情境雨量特性探討以及(3)氣候變遷下可能水文情境。

一、氣候變遷情境資料概況

本計畫第一年度(民國 108 年)係採 AR4 氣候變遷情境資料進行分析，而為因應水利署開始推動 AR5 氣候變遷情境資料於水資源相關計畫之使用，本計畫第二年度(民國 109 年)全面採用新版情境資料進行後續分析並提出相關建議，針對「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台」(簡稱 TCCIP)所提供之 AR5 氣候變遷情境統計降尺度資料說明如下：

(一)氣候變遷情境

AR5 係以代表濃度途徑(Representative Concentration Pathways, RCP)重新定義未來氣候變遷情境，包含：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 以及 RCP8.5，其以輻射強迫力在 2100 年(世紀末)與 1750 年之間的差異量當作為指標性數值加以區分，即情境中數字愈大代表暖化情況愈嚴重。例如：以 RCP2.6 情境為例，2.6 意味著每平方公尺之輻射強迫力在 2100 年相較於 1750 年會增加 2.6 瓦。在四種氣候變遷情境之中，RCP2.6 為相對樂觀之情境，其假設暖化有所減緩造成輻射強迫力在世紀末呈減少趨勢；RCP4.5 與 RCP6.0 為相對穩定之情境，其輻射強迫力在世紀末呈較為穩定狀態；而 RCP8.5 則為相對悲觀之情境，因高度排放溫室氣體造成輻射強迫力在世紀末呈持續增加趨勢。針對各情境(RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 以及 RCP8.5)之詳細說明如下：

1、RCP2.6 (樂觀情境)

屬於相對樂觀之情境，其輻射強迫力在世紀末呈減少趨勢，每平方公尺之輻射強迫力在 2100 年增加 2.6 瓦，二氧化碳濃度相當於 421 ppm，溫室氣體增加情況相對較低之情境。

2、RCP4.5 (穩定情境)

屬於相對穩定之情境，其輻射強迫力在世紀末呈穩定狀態，每平方公尺之輻射強迫力在 2100 年增加 4.5 瓦，二氧化碳濃度相當於 538 ppm，代表世界各國「盡力」達成溫室氣體減量之目標。

3、RCP6.0 (穩定情境)

亦屬於相對穩定之情境，其輻射強迫力在世紀末呈穩定狀態，每平方公尺之輻射強迫力在 2100 年增加 6.0 瓦，二氧化碳濃度相當於 670 ppm，代表世界各國「並未盡力」達成溫室氣體減量之目標。

4、RCP8.5 (悲觀情境)

屬於高度排放溫室氣體之情境，其輻射強迫力在世紀末呈持續增加趨勢，每平方公尺之輻射強迫力在 2100 年增加 8.5 瓦，二氧化碳濃度相當於 936 ppm，代表世界各國「並未執行」任何溫室氣體減量之動作。

(二)全球環流模式

TCCIP 統計降尺度所採用之原始全球環流模式資料係蒐集自地球系統網格聯盟(Earth System Grid Federation) Couple Model Intercomparison Projects Phase-5 資料庫之日資料，其全球環流模式清單請參考表 2-1。因僅部分全球環流模式有提供完整(四種)氣候變遷情境之模擬結果，故各個氣候變遷情境下全球環流模式數量略有不同，RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 以及 RCP8.5 情境下模式數量分別為 22、30、17 以及 33 個，由於 RCP4.5 與 RCP8.5 情境所涵蓋之全球環流模式數量相對完整，本計畫後續將以此兩種情境分析為主。其中，TCCIP 為配合觀測網格資料年限，其基期情境資料之

完整分析年限為民國 49 至 94 年(1960 至 2005 年)，而未來情境資料之完整分析年限則為民國 95 至 189 年(2006 至 2100 年)。

(三)統計降尺度資料之空間解析度

TCCIP 雨量與溫度統計降尺度資料之空間解析度為 5 公里×5 公里，其網格範圍包含全臺陸地與海面區域，共計 4,860 網格點。其中，經向網格共有 60 格，涵蓋範圍為 119.2°E 至 122.15°E；而緯向網格共有 81 格，涵蓋範圍則為 21.5°N 至 25.5°N。降尺度資料內所註記之經緯度為 5 公里×5 公里網格之中心點，用以代表該網格範圍內 25 平方公里之平均值。

(四)統計降尺度資料之時間解析度

TCCIP 雨量與溫度統計降尺度資料之原始時間解析度為日尺度，藉由日尺度加總以提供月尺度資料，同時可確保日尺度與月尺度資料於統計上之一致性。針對月尺度資料之部分，基期時段係自 1960 年 1 月至 2005 年 12 月，資料全長 46 年，共計 552 筆數據；而未來時段係自 2006 年 1 月至 2100 年 12 月，資料全長 95 年，共計 1,140 筆數據。針對日尺度資料之部分，基期時段係自 1960 年 1 月 1 日至 2005 年 12 月 31 日，每年皆為 365 日，資料全長 46 年，共計 16,790 筆數據。惟 HadGEM2-ES、HadGEM2-CC 以及 HadGEM2-AO 每年皆為 360 日，故此三種全球環流模式僅有 16,560 筆數據；而未來時段係自 2006 年 1 月 1 日至 2100 年 12 月 31 日，每年皆為 365 日，資料全長 95 年，共計 34,675 筆數據。惟 HadGEM2-ES、HadGEM2-CC 以及 HadGEM2-AO 每年皆為 360 日，故此三種全球環流模式僅有 34,200 筆數據。

(五)氣候變遷情境選擇與期程設定

因 RCP4.5 與 RCP8.5 氣候變遷情境下有相對完整之全球環流模式數量，其分別涵蓋 30 與 33 組全球環流模式之推估值，更能完整反應出氣候變遷之高度不確定性，故本計畫選擇此兩種情境作為後續衝擊分析之依據。

表 2-1 TCCIP 統計降尺度資料之全球環流模式清單

模式名稱	產製單位	解析度	基期情境	未來情境			
			Historical	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
ACCESS1-0	CSIRO-BOM	192×145	○		○		○
ACCESS1-3		192×145	○		○		○
bcc-csm1-1	BCC	128×64	○	○	○	○	○
bcc-csm1-1m		320×160	○	○	○	○	○
BNU-ESM	BNU	128×64	○	○	○		○
CanESM2	CCCMA	128×64	○	○	○		○
CCSM4	NCAR	288×192	○	○	○	○	○
CESM1-BGC	NCAR	288×192	○		○		○
CESM1-CAM5		288×192	○	○	○	○	○
CMCC-CESM	CMCC	96×48	○				○
CMCC-CM		480×240	○		○		○
CMCC-CMS		192×96	○		○		
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS	256×128	○	○	○		○
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE	192×96	○	○	○	○	○
EC-EARTH	ICHEC	320×160	○				○
FGOALS-g2	LASG-CESS	128×60	○	○	○		○
GFDL-CM3	NOAA-GFDL	144×90	○	○		○	○
GFDL-ESM2G		144×90	○	○	○	○	○
GFDL-ESM2M		144×90	○		○	○	○
HadGEM2-AO	MOHC	192×145	○	○	○	○	○
HadGEM2-CC		192×145	○		○		○
HadGEM2_ES		192×145	○	○	○	○	○
inmcm4	INM	180×120	○		○		○
IPSL-CM5A-LR	IPSL	96×96	○	○	○	○	○
IPSL-CM5A-MR		144×143	○	○	○	○	○
IPSL-CM5B-LR		96×96	○		○		○
MIROC5	MIROC	256×128	○	○	○	○	○
MIROC-ESM		128×64	○	○	○	○	○
MIROC-ESM-CHEM		128×64	○	○	○	○	○
MPI-ESM-LR	MPI-M	192×96	○	○	○		○
MPI-ESM-MR		192×96	○	○	○		○
MRI-CGCM3	MRI	320×160	○	○	○	○	○
MRI-ESM1		320×160	○				○
NorESM1-M	NCC	144×96	○	○	○	○	○
加總			34	22	30	17	33

註：¹○表示有資料；²資料來源：「AR5 推估模式網格月資料生產履歷」。

在氣候變遷期程設定之部分，本計畫於民國 109 年 5 月 26 日召開「因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)」第 1 次工作會議，會議決議(經水綜字第 10914036340 號)參考水利署於 AR4 期程訂定經驗與國土計畫設定之長程目標年民國 125 年(2036 年)，以目前時間點往後推移 10 年左右作為起始年，故採用民國 120 至 139 年(2031 至 2050 年)作為未來時段，而基期時段則採用民國 75 至 94 年(1986 至 2005 年)，後續將以此期程設定進行氣候變遷衝擊分析。

此外，本計畫藉由國際上氣候變遷相關文獻之回顧，檢視國際是否有採用相同氣候變遷期程設定，以下列出與本計畫採用相同期程設定之國際文獻²：(1)2019 年 IPCC 發表之特別報告「變遷氣候下之海洋與冰雪圈」(IPCC, 2019)、(2)2018 年紐西蘭環境部發表之評估報告「紐西蘭氣候變遷推估資料」(Ministry for the Environment, New Zealand, 2018)、(3)2018 年世界銀行發表之評估報告「面對氣候變異與乾旱事件：摩洛哥農業部門之乾旱管理」(Eorte et al., 2018) 以及(4)2019 年加拿大政府發表之評估報告「加拿大氣候變遷報告」(Bush and Lemmen, 2019)。上述國際文獻與本計畫採用相同之氣候變遷期程設定，基期時段皆為 1986 至 2005 年，而未來時段則為 2031 至 2050 年。

(六)全球環流模式之選擇

一般模式選擇經常基於系集概念，其藉由選擇全部或部分全球環流模式作為系集，再基於系集推估結果以探討未來氣候特性或可能導致之衝擊。其中，選擇全部模式作為系集之優點在於能夠完整涵蓋全球環流模式之不確定性，而選擇部分模式作為系集之優點則在於能夠直接聚焦特定模式，例如：以較適合計畫區域之全球環流

²採用與本計畫相同氣候變遷期程設定之國際文獻清單：(1) IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (Pörtner et al.); (2) Ministry for the Environment 2018. Climate Change Projections for New Zealand: Atmosphere Projections Based on Simulations from the IPCC Fifth Assessment; (3) Dorte et al. (2018) Climate Variability, Drought, and Drought Management in Morocco's Agricultural Sector. World Bank Group; (4) Bush, E. and Lemmen, D.S., editors (2019): Canada's Changing Climate Report; Government of Canada, Ottawa, ON. 444 p.

模式進行分析。針對上述兩種作法(1)選擇全部模式作為系集與(2)選擇部分模式作為系集分別說明如下：

1、選擇全部模式作為系集

為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫係採用全部全球環流模式資料作為系集以進行分析，例如：針對 RCP4.5 與 RCP8.5 情境，分別考慮該情境下全部模式之推估值，即 RCP4.5 採用 30 組全球環流模式，而 RCP8.5 則採用 33 組全球環流模式，以進行後續氣候變遷下可能水文情境研擬。

2、選擇部分模式作為系集

因不同計畫在需求與特性上可能有所差異，並非所有計畫皆能涵蓋氣候變遷全部之不確定性，一般常參考國際上(Ahmed et al., 2019; Khan et al., 2018; Ahmaadalipour et al., 2017; Hussain et al., 2018)全球環流模式挑選採用之作法(基於模式歷史表現進行模式挑選)，挑選較適合應用於臺灣水資源分析之全球環流模式作為系集，以進行後續氣候變遷衝擊評估。其中，針對模式歷史表現與相關挑選原則之部分，臺灣可參考「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(TCCIP)全球環流模式於基期模擬之綜合表現排序，作為後續全球環流模式挑選依據，針對模式挑選應考慮之原則說明如下：

(1)模式獨立性

為維持全球環流模式之獨立性，建議從各個氣候研究單位最多挑選一個表現較佳之全球環流模式，避免影響整體系集平均結果之權重平衡。

(2)模式表現

基於全球環流模式於臺灣降雨季節循環變化之模擬能力(表 2-2)，優先考慮於歷史模擬表現較好之全球環流模式，避免挑選表現不佳之全球環流模式。而在全球環流模式數量上，Ahmed et al. (2019)建議可選擇表現較好之前 3 至 10 個模式，本計畫採用 10 個模式進行後續衝擊分析，以反應氣候

變遷之高度不確定性。

表 2-2 全球環流模式於基期模擬之綜合表現排序

模式名稱	產製單位	解析度	排序
ACCESS1-0	CSIRO-BOM	192×145	13
ACCESS1-3		192×145	30
bcc-csm1-1	BCC	128×64	22
bcc-csm1-1m		320×160	09
BNU-ESM	BNU	128×64	08
CanESM2	CCCMA	128×64	01
CCSM4	NCAR	288×192	18
CESM1-BGC	NCAR	288×192	27
CESM1-CAM5		288×192	19
CMCC-CESM	CMCC	96×48	26
CMCC-CM		480×240	03
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS	256×128	15
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE	192×96	23
EC-EARTH	ICHEC	320×160	29
FGOALS-g2	LASG-CESS	128×60	33
GFDL-CM3	NOAA-GFDL	144×90	24
GFDL-ESM2G		144×90	11
GFDL-ESM2M		144×90	20
HadGEM2-AO	MOHC	192×145	10
HadGEM2-CC		192×145	12
HadGEM2_ES		192×145	06
inmcm4	INM	180×120	28
IPSL-CM5A-LR	IPSL	96×96	16
IPSL-CM5A-MR		144×143	17
IPSL-CM5B-LR		96×96	14
MIROC5	MIROC	256×128	04
MIROC-ESM		128×64	31
MIROC-ESM-CHEM		128×64	32
MPI-ESM-LR	MPI-M	192×96	02
MPI-ESM-MR		192×96	05
MRI-CGCM3	MRI	320×160	25
MRI-ESM1		320×160	21
NorESM1-M	NCC	144×96	07

資料來源：「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(TCCIP)。

(3) 豐枯特性

排除豐水期與枯水期情境雨量皆為增加之全球環流模式，以聚焦探討氣候變遷對於水資源可能造成之負面衝擊。

二、情境雨量特性探討

(一) 情境月雨量分布情形

藉由基期與未來情境月雨量分布情形之比較，可瞭解氣候變遷對於臺南地區主要集水區雨量之衝擊。其中，未來情境主要針對 RCP4.5 與 RCP8.5 情境進行探討，而氣候變遷資料之高度不確定性，則採用盒狀圖以呈現其變動區間。

圖 2-1 為 RCP4.5 情境下臺南主要集水區月雨量分布情形，圖中長條圖為基期月雨量分布情況，盒狀圖則係由 RCP4.5 情境下 30 組 GCM 推估值組成，圓點代表 GCM 推估值中之離群值(即極大或極小之數據)，而三角形則代表 GCM 推估值之平均值。以 GCM 推估值變異程度(盒狀圖之盒子大小)而言，其變異程度與水文豐枯情況一致，在主要降雨期間(梅雨季與颱風季)變異程度較大，而枯水季則變異程度較小；若以離群值出現情況而言，RCP4.5 情境下多數月份皆有離群值出現，僅 11 與 12 月無離群值出現。針對臺南地區主要降雨期間而言，GCM 推估值之平均值相較於基期雨量資料皆有增加情況，尤其以 8、9 月份雨量增加較多。

圖 2-2 為 RCP8.5 情境下臺南主要集水區月雨量分布情形，圖中長條圖為基期月雨量分布情況，盒狀圖則係由 RCP8.5 情境下 33 組 GCM 推估值組成，圓點代表 GCM 推估值中之離群值(即極大或極小之數據)，而三角形則代表 GCM 推估值之平均值。以 GCM 推估值變異程度(盒狀圖之盒子大小)而言，其變異程度與水文豐枯情況一致，在主要降雨期間(梅雨季與颱風季)變異程度較大，而枯水季則變異程度較小；若以離群值出現情況而言，RCP8.5 情境離群值出現頻率低於 RCP4.5 情境，僅約一半月份有離群值出現，無離群值出現月份包含 2、8、9、10 以及 11 月。針對臺南地區主要降

雨期間而言，GCM 推估值之平均值相較於基期雨量資料皆有增加情況，尤其以 6、8 月份雨量增加較多。

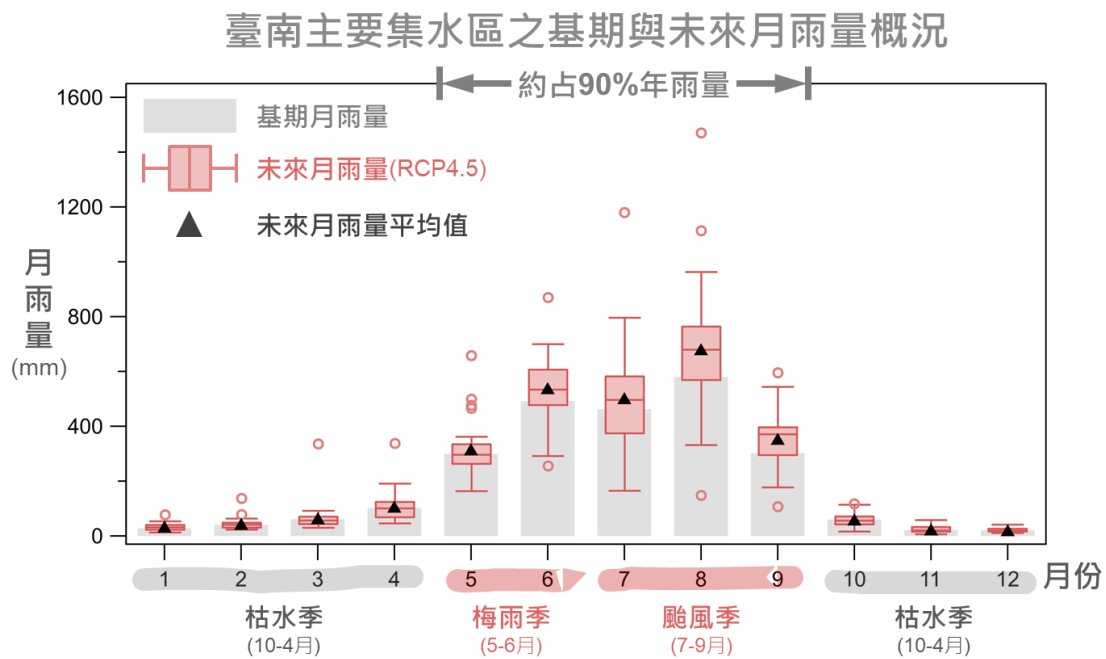


圖 2-1 RCP4.5 情境下臺南主要集水區月雨量分布情形

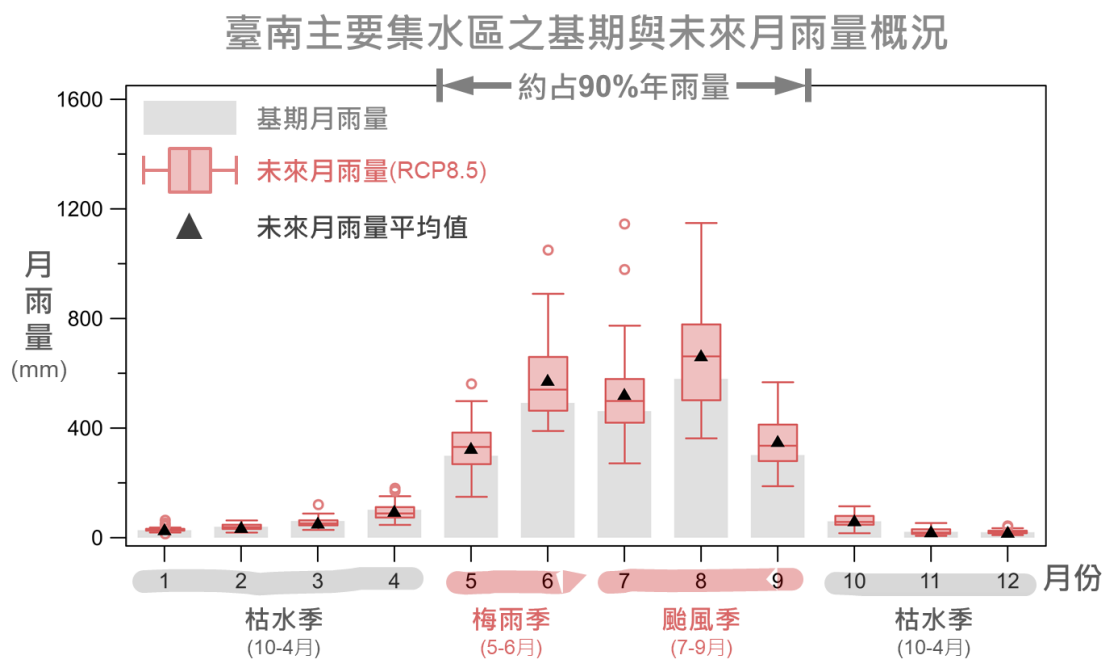


圖 2-2 RCP8.5 情境下臺南主要集水區月雨量分布情形

(二) 情境季雨量分布情形

本計畫基於基期與未來情境下月雨量推估資料，分別針對梅雨季(5至6月)、颱風季(7至9月)以及枯水季(10至4月)分析季雨量增減情況。

圖 2-3 與圖 2-4 分為 RCP4.5 與 RCP8.5 情境下季雨量增減情況，正值代表未來情境季雨量相較於基期季雨量有增加情況，反之負值則代表有減少情況，而增減百分比等於零處以虛線註記，方便判斷增減情況。RCP4.5 情境下季節雨量增減分析結果顯示：未來梅雨季、颱風季、枯水季雨量之平均值(三角形符號)皆有增加情況，其增減率分別為梅雨季+7.7%、颱風季+14.6%以及枯水季+7.6%，尤其颱風季雨量增加情況最為顯著；而 RCP8.5 情境下季節雨量增減分析結果顯示：未來梅雨季、颱風季、枯水季雨量之平均值(三角形符號)亦皆有增加情況，其增減率分別為梅雨季+13.5%、颱風季+15.2%以及枯水季+3.3%，梅雨季與颱風季雨量相較於枯水季皆有顯著增加情況。

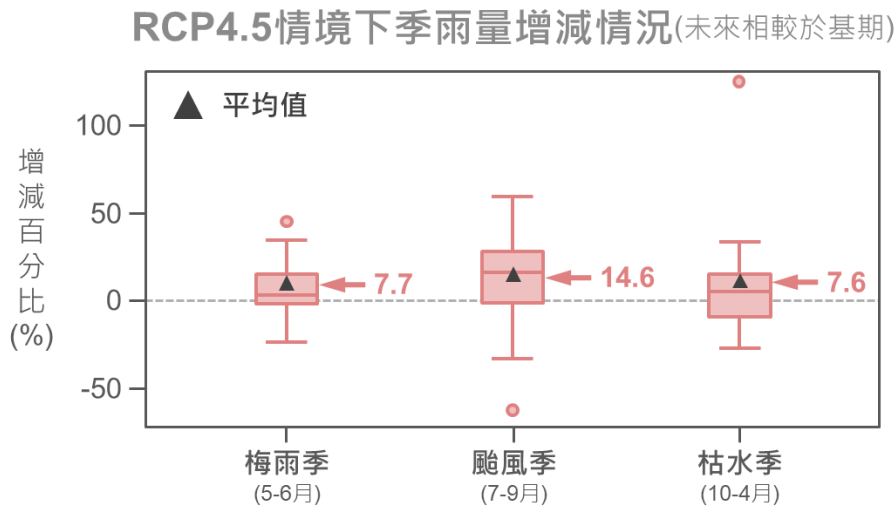


圖 2-3 RCP4.5 情境下臺南主要集水區季雨量增減情形

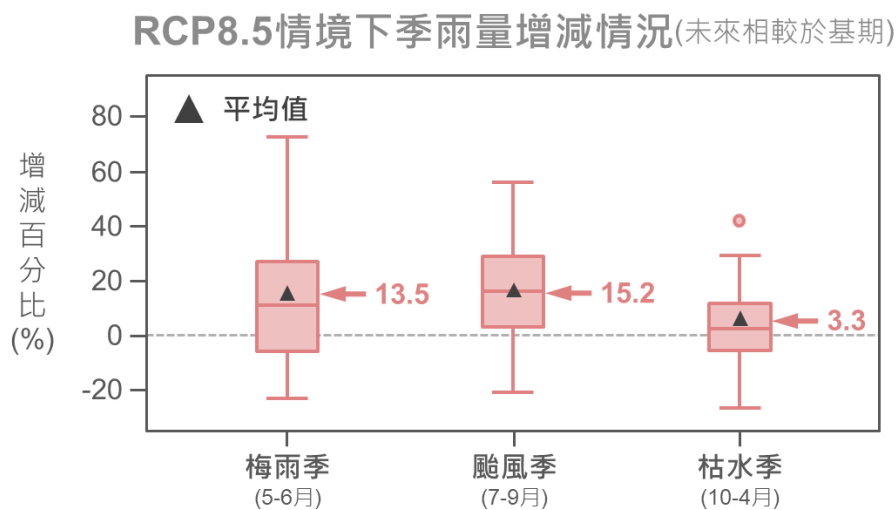


圖 2-4 RCP8.5 情境下臺南主要集水區季雨量增減情形

三、氣候變遷下可能水文情境

本計畫藉由綜合考慮氣候變遷情境與可能水文情境，進行氣候變遷下可能水文情境研擬，作為後續水源供需分析與經濟分析之依據，以評估氣候變遷下可能水文情境對於臺南地區可能造成之水源枯旱風險，其定義如下：

$$\text{氣候變遷下可能水文情境} = \text{氣候變遷情境} + \text{可能水文情境} \quad (2-1)$$

其中，氣候變遷情境主要係考慮 AR5 氣候變遷情境資料，而可能水文情境則考慮梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況。以下分別說明：(1)可能水文情境研擬流程、(2)基期可能水文情境以及(3)未來可能水文情境。

(一)可能水文情境研擬流程

本計畫提出可能水文情境研擬流程如圖 2-5 所示，其主要分成三大步驟，分別為：(1)雨量時間序列資料整理、(2)推求機率分布函數以及(3)機率分布函數與定義水文情境之關係。針對各步驟詳細說明如下：

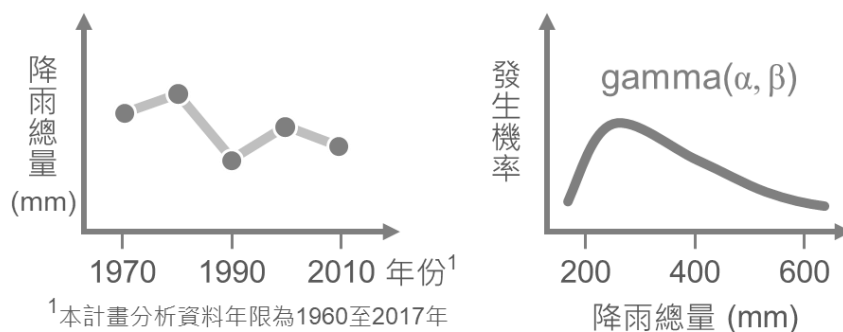
1、雨量時間序列資料整理

採用「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」產製之歷史觀測網格雨量月資料(民國 49 至 106 年)作為上游端水文資料，挑選曾文水庫與南化水庫上游集水區對應之網格資料，整理並統計歷年梅雨季(5 至 6 月)與颱風季(7 至 9 月)之月雨量。

2、推求機率分布函數

本計畫參考國際上作法(Husak et al., 2007; Svensson et al., 2017)，採用伽瑪分布進行雨量資料擬合，該分布係以零作為左邊界，可避免不合理情況發生(例如：雨量為負值)，經常被應用在月雨量資料之擬合。

1 雨量時間序列資料 **2** 推求機率分布函數



3 機率分布函數與定義水文情境之關係

(參考並延伸氣象局季長期天氣展望作法)

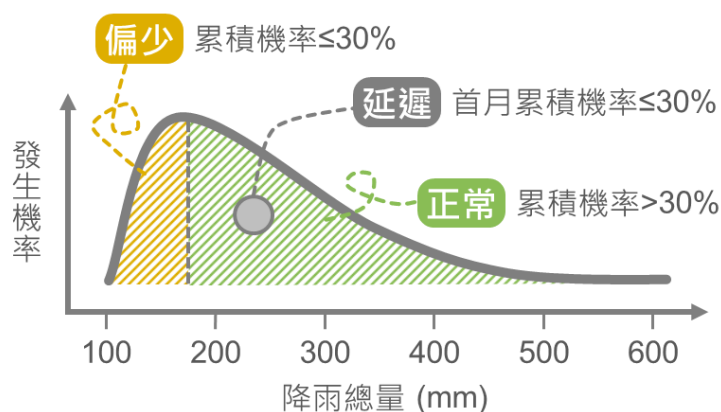


圖 2-5 可能水文情境研擬流程

3、機率分布函數與定義水文情境之關係

中央氣象局於季長期天氣展望中，定義降雨偏少為其降雨總量累積機率分布函數值小於等於 30%。本計畫參考並延伸其作法，進一步說明與定義梅雨與颱風雨之偏少、延遲以及正常等可能水文情境：

(1) 偏少情境

若梅雨或颱風雨符合偏少特性，其整體降雨總量相較於歷史長期平均會有較少情況。偏少情境之定義為降雨總量之累積機率分布函數值小於等於 30%。

(2) 延遲情境

若梅雨或颱風雨符合延遲特性，其首月降雨總量相較於歷史長期平均會有較低情況，即梅雨季首月(5月)或颱風季首

月(7月)發生較低降雨總量，但需排除上述偏少情境。延遲情境之定義為降雨總量之累積機率分布函數值大於30%且首月降雨總量之累積機率分布函數值小於等於30%。

(3)正常情境

若梅雨或颱風雨符合正常特性，其整體降雨總量會接近或高於歷史長期平均值。正常情境之定義為降雨總量之累積機率分布函數值大於30%且首月降雨總量之累積機率分布函數值大於30%，或者同時排除上述偏少情境與延遲情境之資料即為正常情境。

(二)基期可能水文情境

依據上述「可能水文情境研擬流程」，推求各月雨量、梅雨以及颱風雨之伽瑪機率分布參數(雙參數： α 與 β)，並配合統計檢定方法檢測雨量資料是否符合伽瑪機率分布(表 2-3)，檢定結果顯示各月雨量皆可應用伽瑪機率分布加以描述。此外，為瞭解觀測雨量與擬合雨量之統計特性是否一致，本計畫進一步分析比較觀測雨量與擬合雨量之平均值與標準偏差(圖 2-6)，分析結果亦顯示擬合雨量可以合理描述觀測雨量之統計特性。其中，各月觀測雨量與擬合雨量之平均值幾乎重疊，即透過伽瑪機率分布進行月雨量擬合，可準確呈現觀測雨量之平均值；就觀測雨量與擬合雨量之標準偏差而言，兩者在枯水期亦幾乎重疊，惟豐水期兩者略有差異，5至7月擬合雨量之標準偏差略高，8至10月擬合雨量之標準偏差則略低。但就整體而言，擬合雨量可合理描述觀測雨量之標準偏差。

藉由上述統計檢定與統計特性分析結果，得以驗證伽瑪機率分布可應用於描述臺南地區之雨量特性。本計畫採用梅雨季(5至6月)與颱風季(7至9月)間各月雨量之伽瑪機率分布參數進行雨量繁衍，並應用繁衍資料於推求梅雨總量與颱風總量之機率密度函數，以探討基期梅雨與基期颱風可能水文情境之統計特性。

表 2-3 臺南地區各月雨量之伽瑪機率分布參數與檢定結果

月份	alpha	beta	p-value	檢定結果
01	0.74	37.40	0.94	通過
02	0.62	65.36	0.91	通過
03	0.90	67.85	0.85	通過
04	1.16	87.90	0.99	通過
05	2.76	108.16	0.85	通過
06	2.10	234.54	0.93	通過
07	2.08	221.73	0.81	通過
08	2.56	226.43	0.82	通過
09	1.26	238.41	0.09	通過
10	0.59	101.42	0.52	通過
11	0.49	43.56	0.96	通過
12	0.65	30.69	0.64	通過

註：採用統計檢定方法為 Cramér-von Mises 檢定，而若 p-value 低於設定顯著水準($\alpha=0.05$)則不通過檢定(即拒絕月雨量為伽瑪分布之虛無假設)。

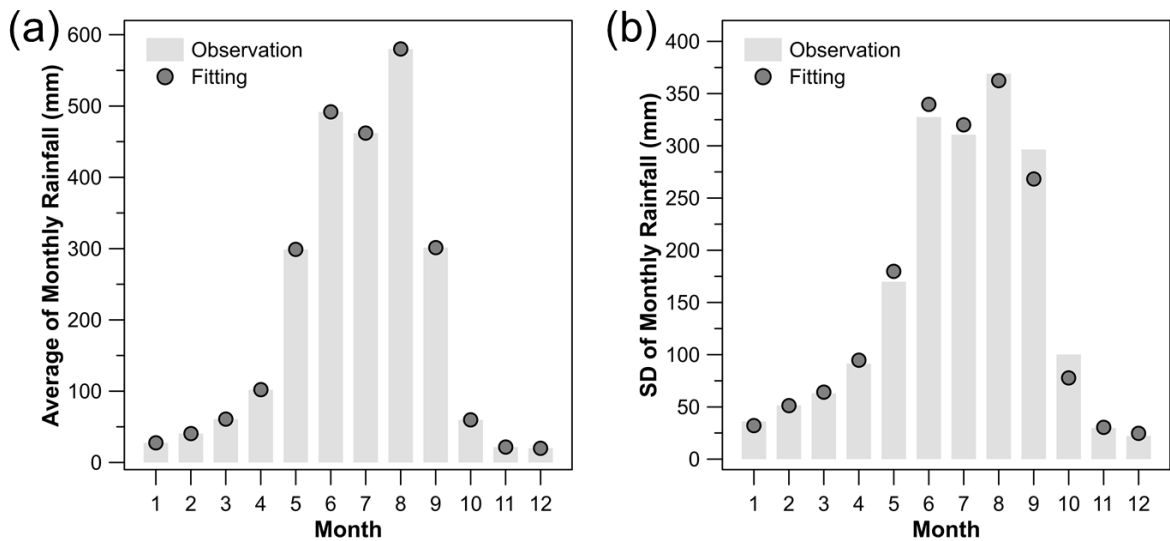
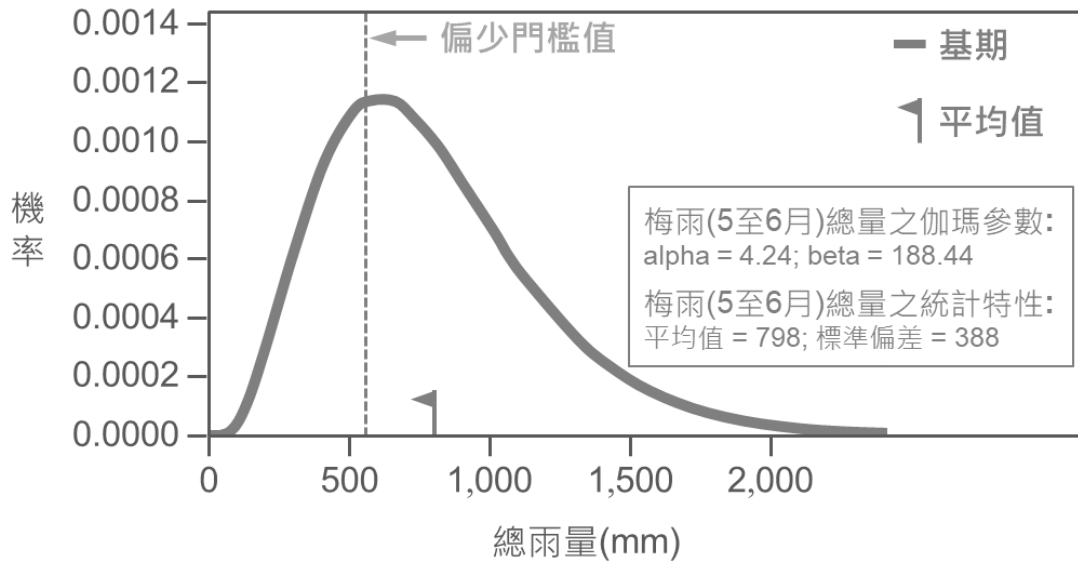


圖 2-6 臺南地區各月觀測雨量與擬合雨量之比較(a)平均值與(b)標準偏差

針對基期梅雨總量之部分，圖 2-7 為臺南地區基期梅雨總量之機率密度函數(伽瑪機率分布參數分別為 $\alpha = 4.24$ 與 $\beta = 188.44$)，其平均值為 798 mm 而標準偏差為 388 mm，配合偏少情境之定義(累積機率分布函數值小於等於 30%)，可計算出偏少門檻值為 559 mm；針對基期颱風總量之部分，圖 2-8 為臺南地區基期颱風總量之機率密度函數(伽瑪機率分布參數分別為 $\alpha = 5.97$ 與

beta = 226.23)，其平均值為 1,351 mm 而標準偏差為 553 mm，配合偏少情境之定義(累積機率分布函數值小於等於 30%)，可計算出偏少門檻值為 1,016 mm。

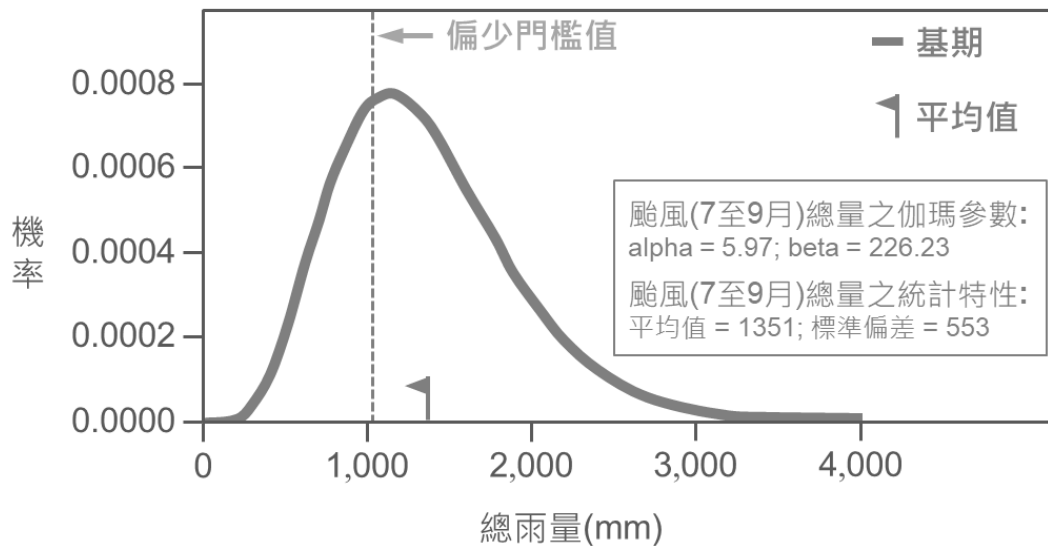
梅雨總量之機率密度函數(實際數據)



註: 梅雨總量之偏少門檻值為 559 mm，而梅雨總量之長期平均則為 798 mm。

圖 2-7 臺南地區基期梅雨總量之機率密度函數

颱風總量之機率密度函數(實際數據)



註: 颱風總量之偏少門檻值為 1016 mm，而梅雨總量之長期平均則為 1351 mm。

圖 2-8 臺南地區基期颱風總量之機率密度函數

基於梅雨總量與颱風總量之機率密度函數，再配合水文情境定義(詳見第 2.3.1 節「可能水文情境研擬流程」)，本計畫得以進行更深入之可能水文情境分析，可瞭解更多雨量統計資訊，並探討梅雨季與颱風季之偏少、延遲以及正常情況所對應之總雨量與發生機率。

圖 2-9 與圖 2-10 分別為臺南地區基期梅雨與基期颱風之可能水文情境分析結果，圖中橫軸為可能水文情境之總雨量，而縱軸則為可能水文情境之發生機率。基期梅雨分析結果顯示：梅雨偏少之總雨量與發生機率分別為 428 mm 與 34.6%、梅雨延遲之總雨量與發生機率分別為 920 mm 與 13.4%、梅雨正常之總雨量與發生機率分別為 1,014 mm 與 52.0%；而基期颱風分析結果顯示：颱風偏少之總雨量與發生機率分別為 781 mm 與 31.1%、颱風延遲之總雨量與發生機率分別為 1,420 mm 與 12.5%、颱風正常之總雨量與發生機率分別為 1,649 mm 與 56.4%。整體而言，無論是基期梅雨或基期颱風之可能水文情境，其總雨量由大至小皆分別為正常、延遲、偏少；而發生機率由大至小則分別為正常、偏少、延遲。

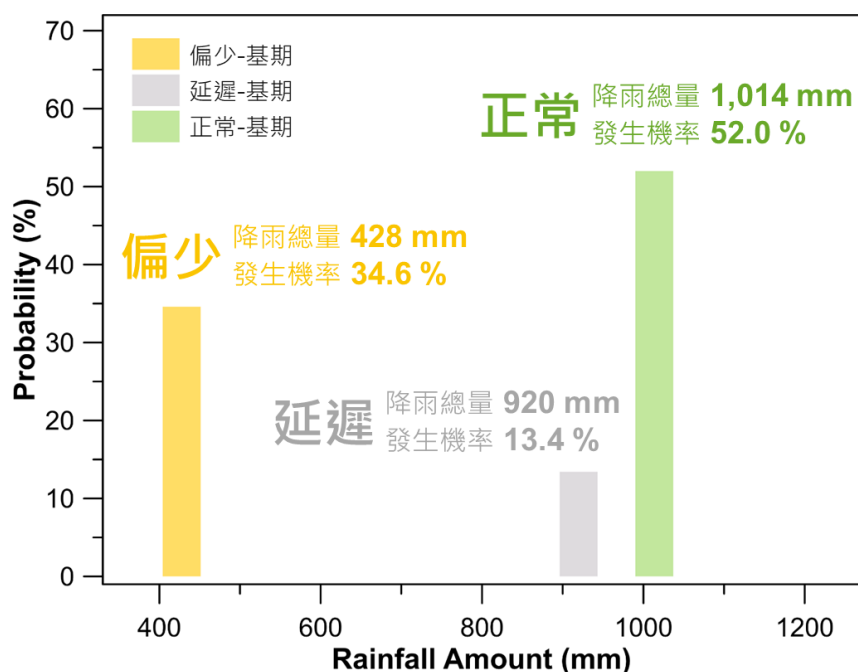


圖 2-9 臺南地區基期梅雨可能水文情境之總雨量與發生機率

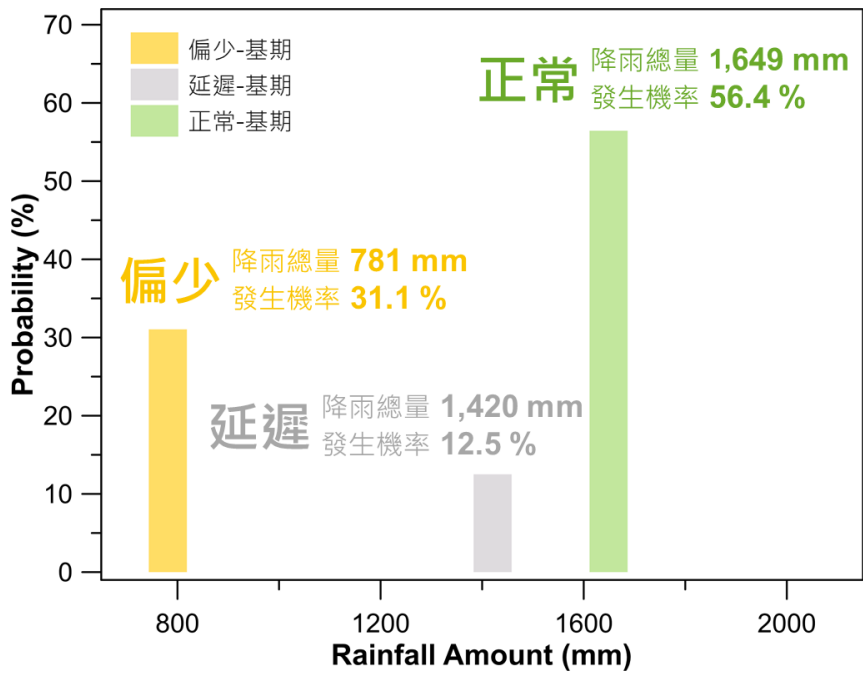


圖 2-10 臺南地區基期颱風可能水文情境之總雨量與發生機率

因梅雨(5至6月)與颱風(7至9月)在時間上係依序發生，配合梅雨與颱風之可能水文情境，兩者組合包含下列 9 種可能：(1)梅雨偏少與颱風偏少、(2)梅雨偏少與颱風延遲、(3)梅雨偏少與颱風正常、(4)梅雨延遲與颱風偏少、(5)梅雨延遲與颱風延遲、(6)梅雨延遲與颱風正常、(7)梅雨正常與颱風偏少、(8)梅雨正常與颱風延遲以及(9)梅雨正常與颱風正常。本計畫假設梅雨與颱風互為獨立事件，以梅雨與颱風各個水文情境發生機率之乘積作為上述 9 種可能組合之聯合發生機率(圖 2-11)。

(a) 水文情境組合



(b) 發生機率計算方式

$$P(\text{梅雨延遲} \cap \text{颱風偏少}) = P(\text{梅雨延遲}) \times P(\text{颱風偏少})$$

$$= \frac{\text{梅雨延遲次數}}{\text{梅雨總次數}} \times \frac{\text{颱風偏少次數}}{\text{颱風總次數}}$$

圖 2-11 梅雨與颱風之水文情境組合與聯合發生機率之計算方式

圖 2-12 為基期梅雨與颱風可能水文情境組合之聯合發生機率，而圖中粗體底線數字為可能水文情境之邊際發生機率，其為單一可能水文情境對應之發生機率。以梅雨之可能水文情境為例，梅雨偏少之邊際發生機率為 34.6%，其等同於梅雨偏少與颱風偏少(10.7%)、梅雨偏少與颱風延遲(4.3%)以及梅雨偏少與颱風正常(19.5%)之聯合發生機率總和。就各種水文情境組合之聯合發生機率而言，梅雨正常與颱風正常之聯合發生機率最高(29.3%)，次高為梅雨偏少與颱風正常之聯合發生機率(19.5%)，第 3 高為梅雨正常與颱風偏少之聯合發生機率(16.1%)，而最低則為梅雨延遲與颱風延遲之聯合發生機率(1.7%)。

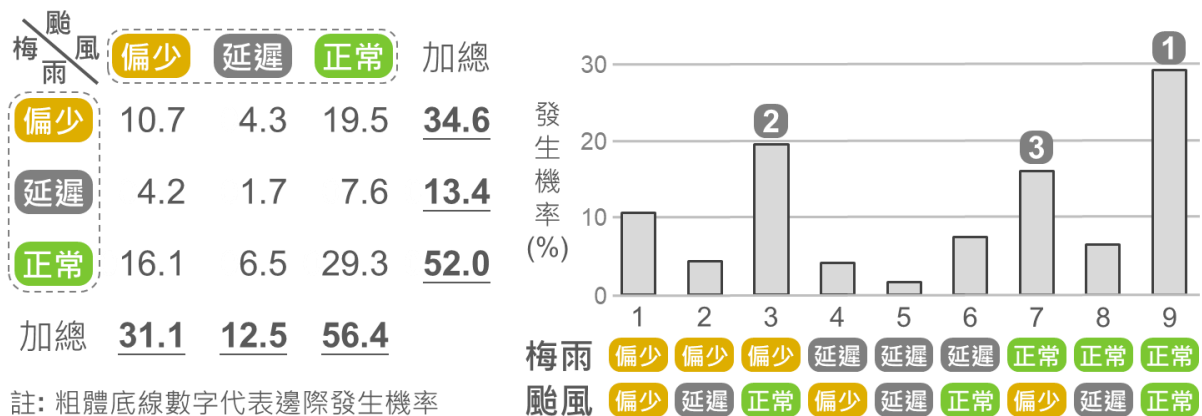


圖 2-12 基期梅雨與颱風可能水文情境組合之聯合發生機率

(三)未來可能水文情境

為探討氣候變遷對於梅雨與颱風可能水文情境之衝擊，本計畫研提氣候變遷下可能水文情境衝擊評估流程(圖 2-13)，以評估雨量機率密度函數之變動。藉由長期觀測資料所推求之伽瑪機率分布參數作為基礎，再配合基期與未來情境資料所推求之伽瑪機率分布參數之變動資訊，重新推算長期觀測資料之伽瑪機率分布在氣候變遷影響下可能之變動。

以臺南地區為例，首先藉由長期觀測雨量資料(1960 至 2017 年)推求伽瑪機率分布參數(α_1 與 β_1)，再分別推求基期雨量資料(1986 至 2005 年)與未來雨量資料(2031 至 2050 年)之伽瑪機率分布參數

$(\alpha_2$ 與 $\beta_2)$ 與 $(\alpha_3$ 與 $\beta_3)$ ，然後採用基期與未來之伽瑪機率分布參數來量化氣候變遷對衝擊資訊($\Delta\alpha=\alpha_3-\alpha_2$ 與 $\Delta\beta=\beta_3-\beta_2$)，最後將衝擊資訊回饋至長期觀測之伽瑪機率分布參數($\alpha_1+\Delta\alpha$ 與 $\beta_1+\Delta\beta$)，即可推算出氣候變遷對於長期雨量機率密度函數之衝擊。

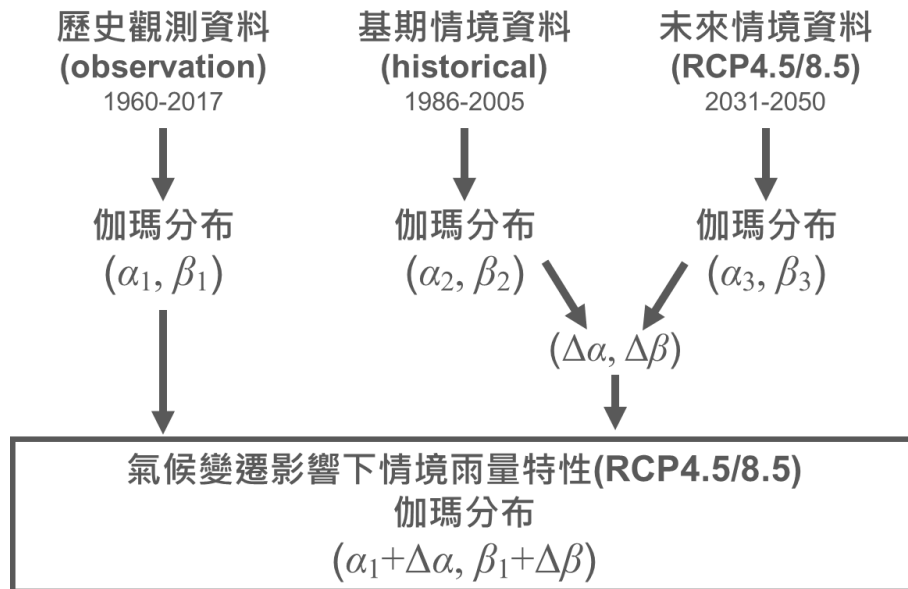


圖 2-13 氣候變遷下可能水文情境衝擊評估流程

以臺南地區 8 月雨量資料為例，圖 2-14 為 RCP4.5 情境下雨量機率密度函數，粗線為基期之雨量機率密度函數，而細線則為未來之雨量機率密度函數(共計 30 組)。在導入多組氣候變遷資料之後，雨量機率密度函數之數量隨即增加，且各個雨量機率密度函數之位置(location)與尺度(scale)皆有明顯變動，充分反應出氣候變遷資訊所具有之高不確定性。為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫係採用全部全球環流模式資料推求伽瑪機率分布參數，並依其進行後續衝擊評估或研擬因應對策。

8月雨量之機率密度函數

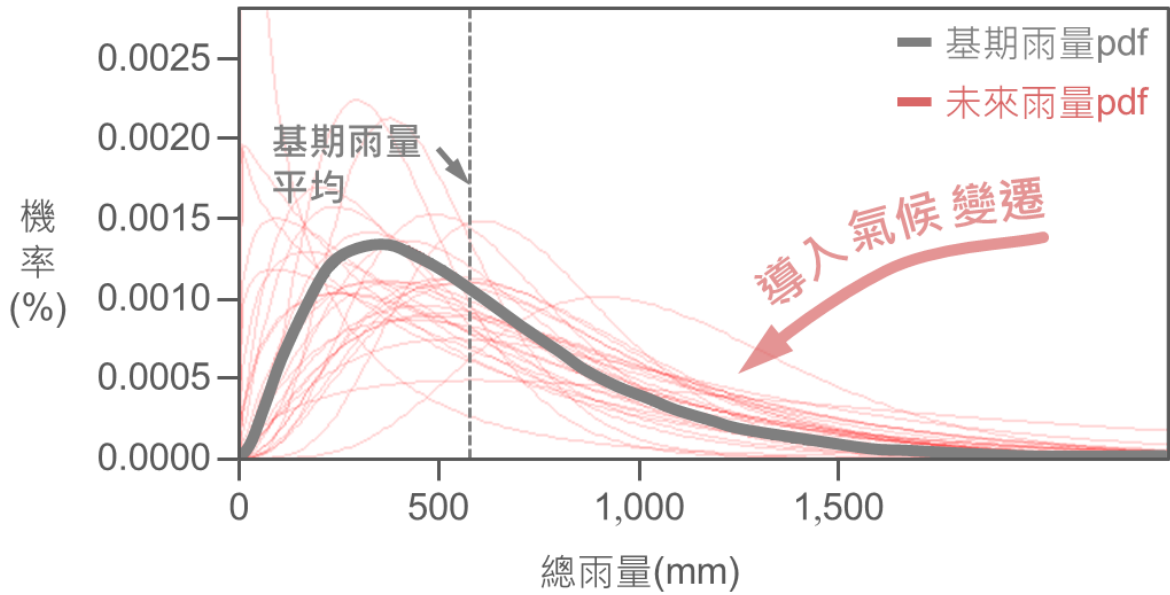


圖 2-14 RCP4.5 情境下臺南地區 8 月雨量之機率密度函數

本計畫藉由比較基期與未來之雨量機率密度函數，探討氣候變遷對於梅雨與颱風特性之衝擊。圖 2-15 與圖 2-16 皆為基期與未來情境下雨量機率密度函數，粗線代表基期下雨量機率密度函數，次粗線則為未來情境下雨量機率密度函數，而雨量平均值則皆以旗幟圖示標記。

梅雨總量之機率密度函數(實際數據)

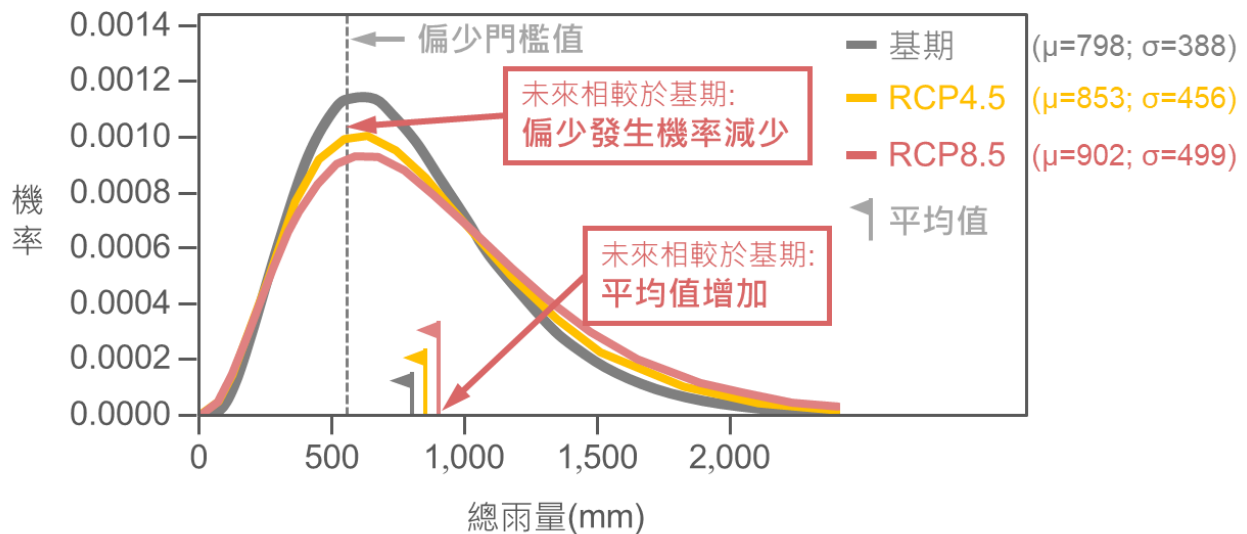


圖 2-15 臺南地區基期與未來情境下梅雨總量之機率密度函數

颱風總量之機率密度函數(實際數據)

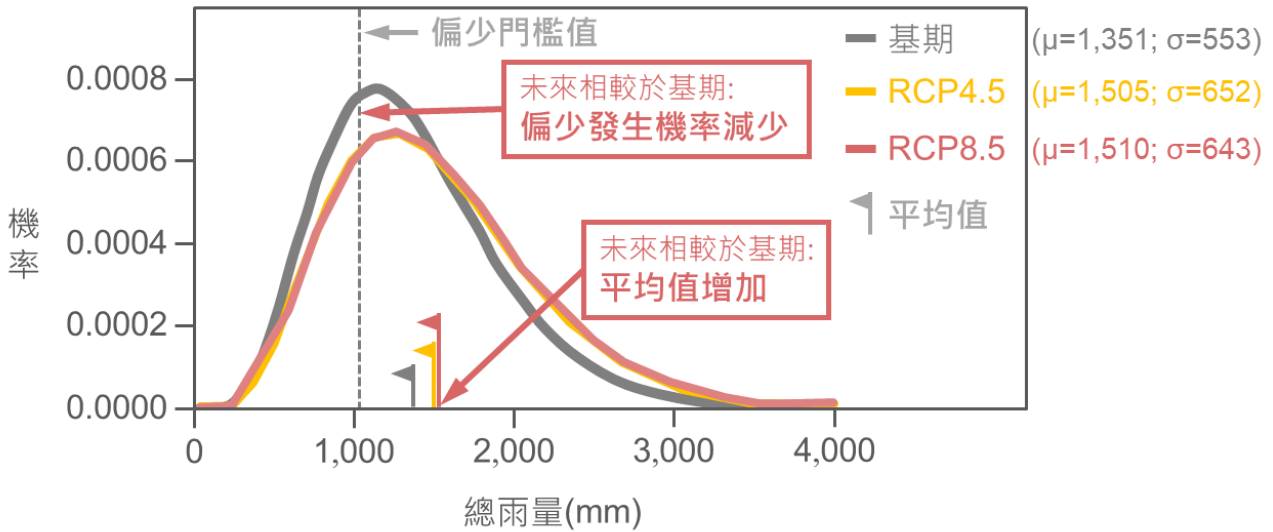


圖 2-16 臺南地區基期與未來情境下颱風總量之機率密度函數

就氣候變遷對梅雨總量影響而言(圖 2-15)，整體趨勢顯示：相較於基期梅雨總量之平均值，未來梅雨總量(RCP4.5 與 RCP8.5)之平均值皆有增加情況；而基期梅雨總量之機率密度函數形狀較為集中，未來梅雨總量之機率密度函數形狀則較為分散。雖 RCP4.5 與 RCP8.5 情境下梅雨平均值皆大於基期梅雨平均值，但檢視梅雨總量之機率密度函數，可發現相較於基期下極端小雨(梅雨)與極端大雨(梅雨)之發生機率，未來情境下其發生機率皆有增加情況。以水資源管理調度角度而言，需特別注意此種極端小雨(梅雨)情況，尤其南部地區經常仰賴梅雨補注水庫蓄水量，梅雨不足可能造成用水緊張，若此種極端小雨(梅雨)情況因氣候變遷影響而更常發生，將造成水資源管理調度之難度增加。

就氣候變遷對颱風總量影響而言(圖 2-16)，整體趨勢顯示：相較於基期颱風總量之平均值，未來颱風總量(RCP4.5 與 RCP8.5)之平均值皆有增加情況；而基期颱風總量之機率密度函數形狀較為集中，RCP4.5 與 RCP8.5 情境下颱風總量之機率密度函數有右偏情況(雨量變更大)。檢視颱風總量之機率密度函數，可發現相較於基期下小雨(颱風)與大雨(颱風)之發生機率，RCP4.5 與 RCP8.5 情境

下小雨(颱風)發生機率有降低情況，而大雨(颱風)發生機率則有增加情況。

基於基期與未來情境下梅雨總量與颱風總量之機率密度函數，再配合水文情境定義(詳見第 2.3.1 節「可能水文情境研擬流程」)，本計畫得以進行更深入之可能水文情境分析，可瞭解更多雨量統計資訊，並探討梅雨季與颱風季之偏少、延遲以及正常情況所對應之總雨量與發生機率。圖 2-17 與圖 2-18 分別為 RCP4.5 情境下梅雨與颱風可能水文情境之總雨量與發生機率，圖中橫軸為可能水文情境之總雨量，而縱軸則為可能水文情境之發生機率；圖 2-19 與圖 2-20 分別為 RCP8.5 情境下梅雨與颱風可能水文情境之總雨量與發生機率，圖中橫軸為可能水文情境之總雨量，而縱軸則為可能水文情境之發生機率。

RCP4.5 情境下梅雨分析結果(圖 2-17)顯示：未來「梅雨偏少」之發生機率有降低情況，且降雨總量亦有降低情況；未來「梅雨延遲」之發生機率有增加情況，且降雨總量亦有增加情況；未來「梅雨正常」之發生機率有增加情況，且降雨總量亦有增加情況，有助於降低水資源管理難度。整體而言，降雨總量較小之偏少情境，未來發生機率降低，且總量亦有降低情況；降雨總量較大之延遲與正常情境，未來發生機率有增加情況，且總量亦為增加情況。

RCP4.5 情境下颱風分析結果(圖 2-18)顯示：未來「颱風偏少」之發生機率有降低情況，而降雨總量則為持平情況；未來「颱風延遲」之發生機率有增加情況，且降雨總量亦有增加情況；未來「颱風正常」之發生機率有增加情況，且降雨總量亦有增加情況。整體而言，降雨總量較小之偏少情境，未來發生機率降低，而總量則為持平情況；降雨總量較大之延遲與正常情境，未來整體發生機率增加，且總量亦為增加。

RCP8.5 情境下梅雨分析結果(圖 2-19)顯示：整體而言，降雨總量較小之偏少情境，未來發生機率降低，且總量亦有降低情況；降雨總量較大之延遲與正常情境，未來發生機率皆為增加，且其總量

亦皆為增加；RCP8.5 情境下颱風分析結果(圖 2-20)顯示：整體而言，降雨總量較小之偏少情境，未來發生機率降低，而總量則為持平情況；降雨總量較大之延遲與正常情境，未來發生機率皆為增加，且總量亦皆為增加。

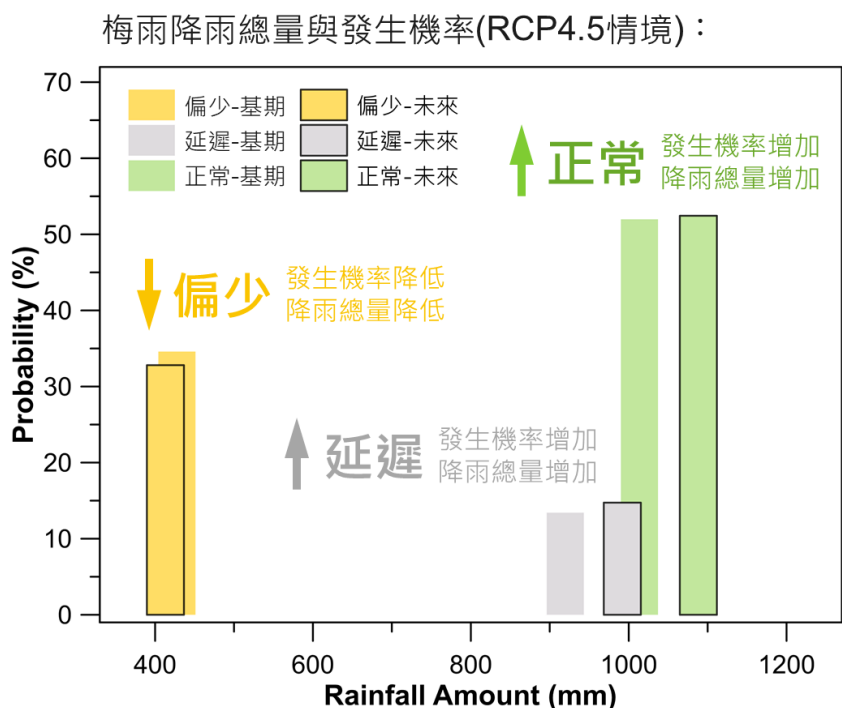


圖 2-17 RCP4.5 情境下梅雨可能水文情境之總雨量與發生機率

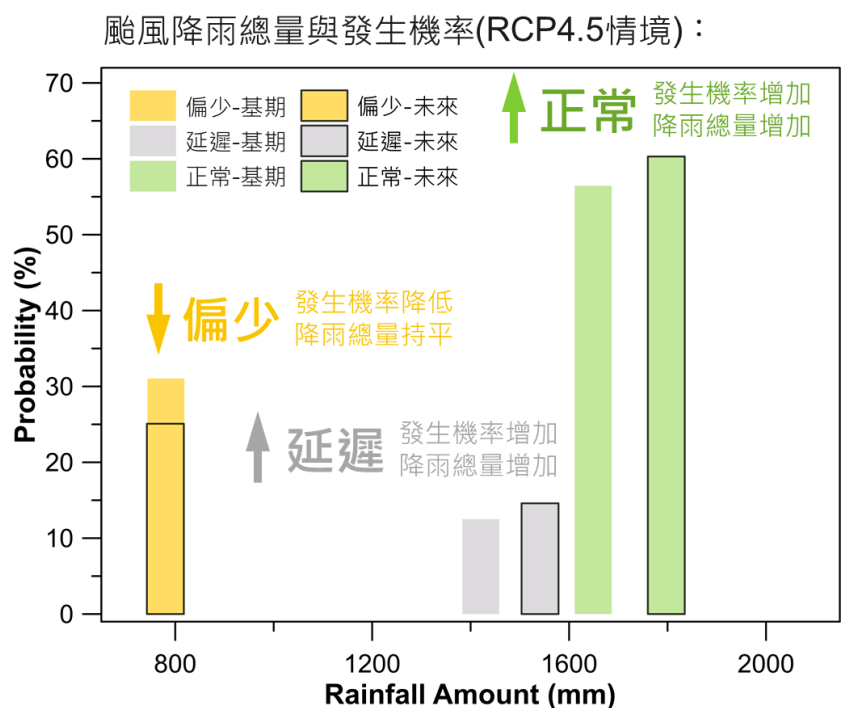


圖 2-18 RCP4.5 情境下颱風可能水文情境之總雨量與發生機率

梅雨降雨總量與發生機率(RCP8.5情境)：

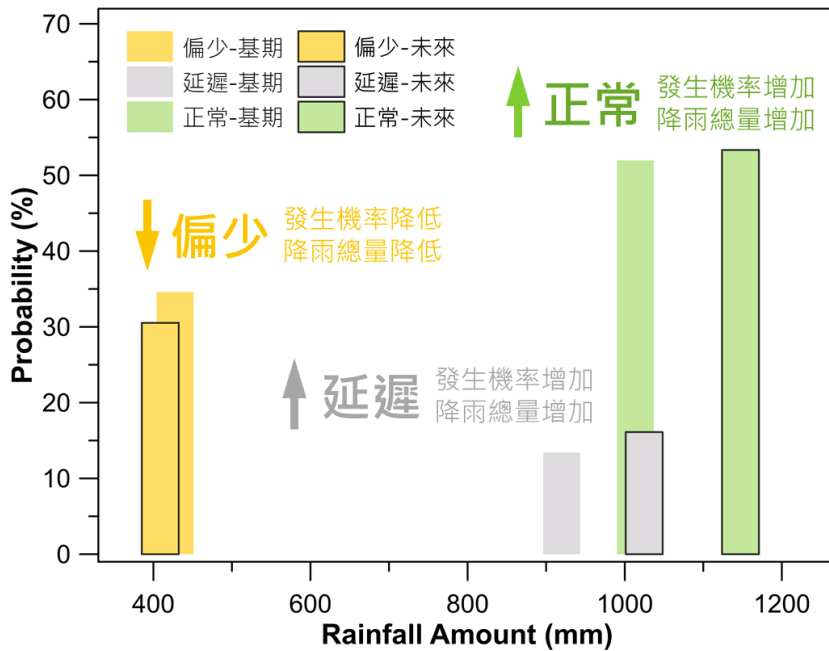


圖 2-19 RCP8.5 情境下梅雨可能水文情境之總雨量與發生機率

颱風降雨總量與發生機率(RCP8.5情境)：

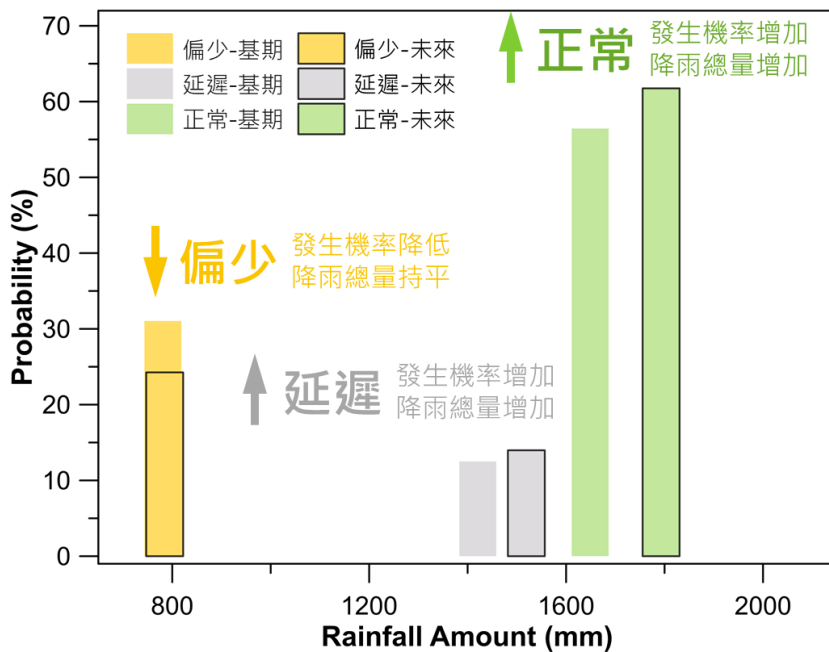


圖 2-20 RCP8.5 情境下颱風可能水文情境之總雨量與發生機率

因梅雨(5至6月)與颱風(7至9月)在時間上係依序發生，為瞭解氣候變遷對於兩者可能水文情境組合發生機率之衝擊，本計畫分別探討 RCP4.5 情境(圖 2-21)與 RCP8.5 情境(圖 2-22)下梅雨與颱風可能水文情境組合之聯合發生機率。其中，聯合發生機率係指梅雨

與颱風可能水文情境組合同時發生之機率，圖中粗體底線數字為可能水文情境之邊際發生機率，為單一可能水文情境對應之發生機率。

針對 RCP4.5 情境下聯合發生機率之部分(圖 2-21)，分析結果顯示：就雨量相對豐沛之「梅雨正常與颱風正常」組合而言，其基期之聯合發生機率為 29.3%，而 RCP4.5 情境之聯合發生機率增加至 31.6%。惟針對容易造成用水緊張之「梅雨延遲」情況而言，其基期之邊際發生機率為 13.4%，而 RCP4.5 情境之邊際發生機率則增加至 14.7%。此外，針對 7 月雨量偏少「颱風延遲」情境而言，其基期之邊際發生機率為 12.5%，而 RCP4.5 情境之邊際發生機率則增加至 14.6%。整體而言，雖然 RCP4.5 情境下「梅雨正常與颱風正常」之聯合發生機率增加，但「梅雨延遲」與「颱風延遲」之邊際發生機率亦有增加情況，即雨量相對豐沛之機率增加但同時梅雨延遲與颱風延遲之機率亦有所增加，未來會朝極端水文情況更加頻繁發生之方向發展。

針對 RCP8.5 情境下聯合發生機率之部分(圖 2-22)，分析結果顯示：就雨量相對豐沛之「梅雨正常與颱風正常」組合而言，其基期之聯合發生機率為 29.3%，而 RCP8.5 情境之聯合發生機率增加至 32.9%。惟針對容易造成用水緊張之「梅雨延遲」情況而言，其基期之邊際發生機率為 13.4%，而 RCP8.5 情境之邊際發生機率則增加至 16.1%。此外，針對 7 月雨量偏少「颱風延遲」情境而言，其基期之邊際發生機率為 12.5%，而 RCP8.5 情境之邊際發生機率則增加至 14.0%。整體而言，雖然 RCP8.5 情境下「梅雨正常與颱風正常」之聯合發生機率增加，但「梅雨延遲」與「颱風延遲」之邊際發生機率亦有增加情況，即雨量相對豐沛之機率增加但同時梅雨延遲與颱風延遲之機率亦有所增加，未來會朝極端水文情況更加頻繁發生之方向發展。

基期情境下聯合發生機率

梅雨 / 颱風	偏少	延遲	正常	加總
偏少	10.7	4.3	19.5	34.6
延遲	4.2	1.7	7.6	13.4
正常	16.1	6.5	29.3	52.0
加總	31.1	12.5	56.4	

註：粗體底線數字代表邊際發生機率

RCP4.5情境下聯合發生機率

梅雨 / 颱風	偏少	延遲	正常	加總
偏少	8.2	4.8	19.8	32.8
延遲	3.7	2.2	8.9	14.7
正常	13.2	7.7	31.6	52.4
加總	25.1	14.6	60.3	

註：粗體底線數字代表邊際發生機率

↑ 機率增加

圖 2-21 RCP4.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率

基期情境下聯合發生機率

梅雨 / 颱風	偏少	延遲	正常	加總
偏少	10.7	4.3	19.5	34.6
延遲	4.2	1.7	7.6	13.4
正常	16.1	6.5	29.3	52.0
加總	31.1	12.5	56.4	

註：粗體底線數字代表邊際發生機率

RCP8.5情境下聯合發生機率

梅雨 / 颱風	偏少	延遲	正常	加總
偏少	7.4	4.3	18.9	30.5
延遲	3.9	2.3	10.0	16.1
正常	12.9	7.5	32.9	53.3
加總	24.3	14.0	61.7	

註：粗體底線數字代表邊際發生機率

↑ 機率增加

圖 2-22 RCP8.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率

第三章 經濟水文系統動力模型建置

為瞭解氣候變遷對於水源供需與對應之經濟衝擊，本計畫建置經濟水文系統動力模型，以探討氣候變遷下可能水文情境對水源供需與經濟之影響，並透過系統動力模型之輔助說明其因果關係。以下分別說明：(1)經濟分析理論方法、(2)系統動力模型建置、(3)水源枯旱風險對於經濟影響以及(4)水源枯旱風險經濟分析結果。

一、經濟分析理論方法

基於相關法規之規範，臺灣工程經濟效益分析主要係以成本效益分析為主，而經濟分析方法則可兼顧經濟學理與工程務實需求，以作為政策評估、民眾溝通或決策分析參考。為此，「水利工程經濟效益分析方法研究」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 107 年)以防洪工程效益分析為例，提出合適之經濟效益分析作業流程與參考手冊。惟其主要著重於防洪工程，故本計畫針對水資源相關工程研提經濟分析方法，以量化缺水事件造成之經濟影響。水資源為重要生產要素，不論農業、工業、服務業皆須水資源方能營運，進而獲利。惟水價在臺灣受到管制偏離市場價值。以自來水為例，水價約每噸十元，停水造成產業損失絕非產業減少水消費。從文獻或理論上來看，水資源之價值可以大略分為兩大類，若自行取水(如地下水與河川引水)，以邊際使用者成本(如抽水邊際成本)衡量，若付費取水(如自來水)，以邊際淨效益(如增加之產值或所得)衡量。在臺灣，除部分農業河川引水，以及部分產業使用地下水屬於自行取水，其他產業均屬於付費取水。停水對產業造成之損失大致可由其邊際效益估計，實際之方法又大致分成兩種，一是多要素生產模型，以 Cobb-Douglas 生產函數為代表，此需要大量個別廠商資料不一定可以取得。另一種較為簡便之方法則是使用投入產出表，其型式如表 3-1 所示。水資源乃一中間投入，計算某一產業用水佔中間投入之比例可以推估用水減少對其總投入(產出)之影響，再除以營業天數可以得到停水一天造成之產出減少。或者將用水支出除以附加價值(原始投入)，即表示每塊用水支出對附加價值(所得)之影響，亦即水之邊際價值。

表 3-1 投入產出表(產業關聯表)

投入產出表		總需求					總供給	
		購買部門需求				最終需求	總產出	進口
		1	2	...	n			
銷售部門 (中間投入)	1	Z_{11}	Z_{12}	...	Z_{1n}	F_1	X_1	M_1
	2	Z_{21}	Z_{22}	...	Z_{2n}	F_2	X_2	M_2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	Z_{n1}	Z_{n2}	...	Z_{nn}	F_n	X_n	M_n
附加價值 (原始投入)	V	V_1	V_2	...	V_n			
總投入	X	X_1	X_2	...	X_n			

前述投入產出表可進行的經濟分析具有以下三項假設：(1)每個產業部門僅生產一項產品，若有多項產品則分別歸類到最接近之產業部門，(2)產品之銷售分配具有固定係數的關係，(3)產品之投入之間具有固定之比例關係。以上三項假設導致產業關聯分析還有以下特徵，每一產業部門生產均為固定規模報酬，亦即當投入均增為兩倍，則產量增為兩倍，投入與產出之關係不變，投入之間沒有替代關係(王塗發，民國 75 年)。參考 Miller and Blair (2009)關於供給面投入產出模型中供給面衝擊之設定方式，可以計算供給面外生衝擊(如缺水)之變動對於各產業所產生之產業關聯產出、所得、就業效果影響。此分析可以將前述臺灣投入產出表拆解為縣市投入產出表，在聯合為區域投入產出資料庫，以下說明區域投入產出模型，以及資料庫。假設全國有三區(L, M, R)，每一區域皆有 1 和 2 兩個部門，則區域產業關聯如表 3-2。

表 3-2 區域產業關聯表

		Intermediate demand department						Final demand	Total demand
		L		M		R			
Intermediate input department		1	2	1	2	1	2		
L	1	Z_{11}^{LL}	Z_{12}^{LL}	Z_{11}^{LM}	Z_{12}^{LM}	Z_{11}^{LR}	Z_{12}^{LR}	Y_1^L	X_1^L
	2	Z_{21}^{LL}	Z_{22}^{LL}	Z_{21}^{LM}	Z_{22}^{LM}	Z_{21}^{LR}	Z_{22}^{LR}	Y_2^L	X_2^L
M	1	Z_{11}^{ML}	Z_{12}^{ML}	Z_{11}^{MM}	Z_{12}^{MM}	Z_{11}^{MR}	Z_{12}^{MR}	Y_1^M	X_1^M
	2	Z_{21}^{ML}	Z_{22}^{ML}	Z_{21}^{MM}	Z_{22}^{MM}	Z_{21}^{MR}	Z_{22}^{MR}	Y_2^M	X_2^M
R	1	Z_{11}^{RL}	Z_{12}^{RL}	Z_{11}^{RM}	Z_{12}^{RM}	Z_{11}^{RR}	Z_{12}^{RR}	Y_1^R	X_1^R
	2	Z_{21}^{RL}	Z_{22}^{RL}	Z_{21}^{RM}	Z_{22}^{RM}	Z_{21}^{RR}	Z_{22}^{RR}	Y_2^R	X_2^R
Primary inputs		W_1^L	W_2^L	W_1^M	W_2^M	W_1^R	W_2^R		
Total input		X_1^L	X_2^L	X_1^M	X_2^M	X_1^R	X_2^R		

二、系統動力模型建置說明

本計畫研提經濟水文系統動力模型架構(圖 3-1)，以探討不同調適策略下枯旱造成之供需影響與經濟影響，並透過系統圖釐清不同系統因子或調適手段對經濟影響之關聯性。經濟水文系統主要包含以下部分：需水總量、供水總量、枯旱風險、需水調適、供水調適、社會經濟以及氣候水文。其中，系統中枯旱風險係指枯旱造成之供需影響與經濟影響，其風險高低取決於供水總量與需水總量之差異程度，亦受到社會經濟與氣候水文之變動影響，若枯旱風險過高則可藉由需水調適與供水調適加以因應。針對詳細之系統動力模型(圖 3-2)說明如下：

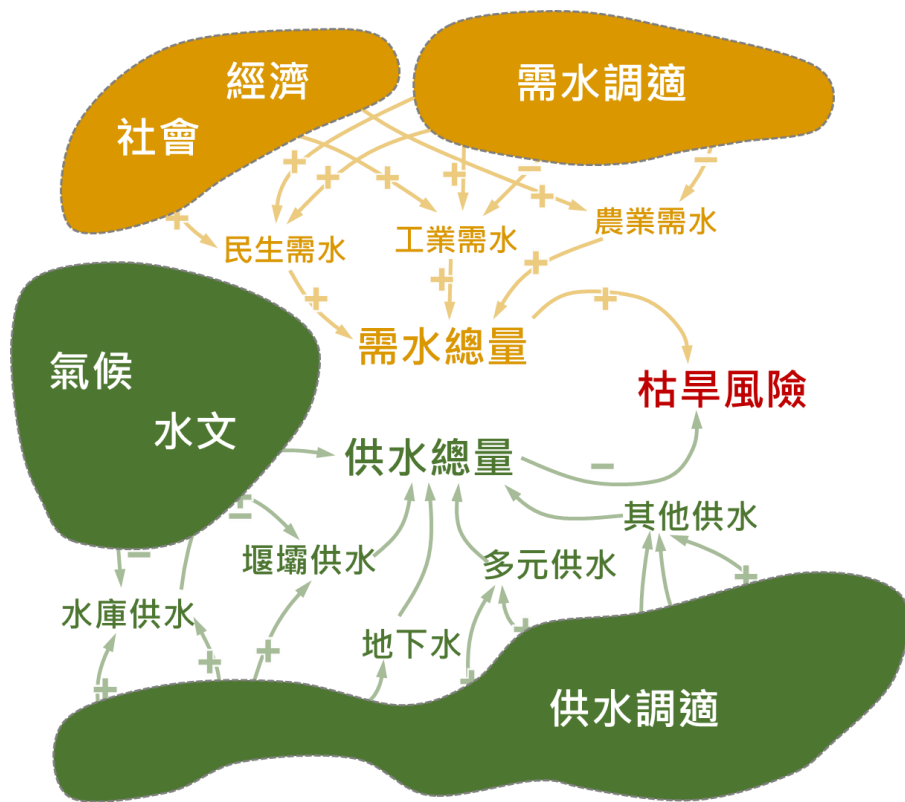


圖 3-1 經濟水文系統動力模型架構圖

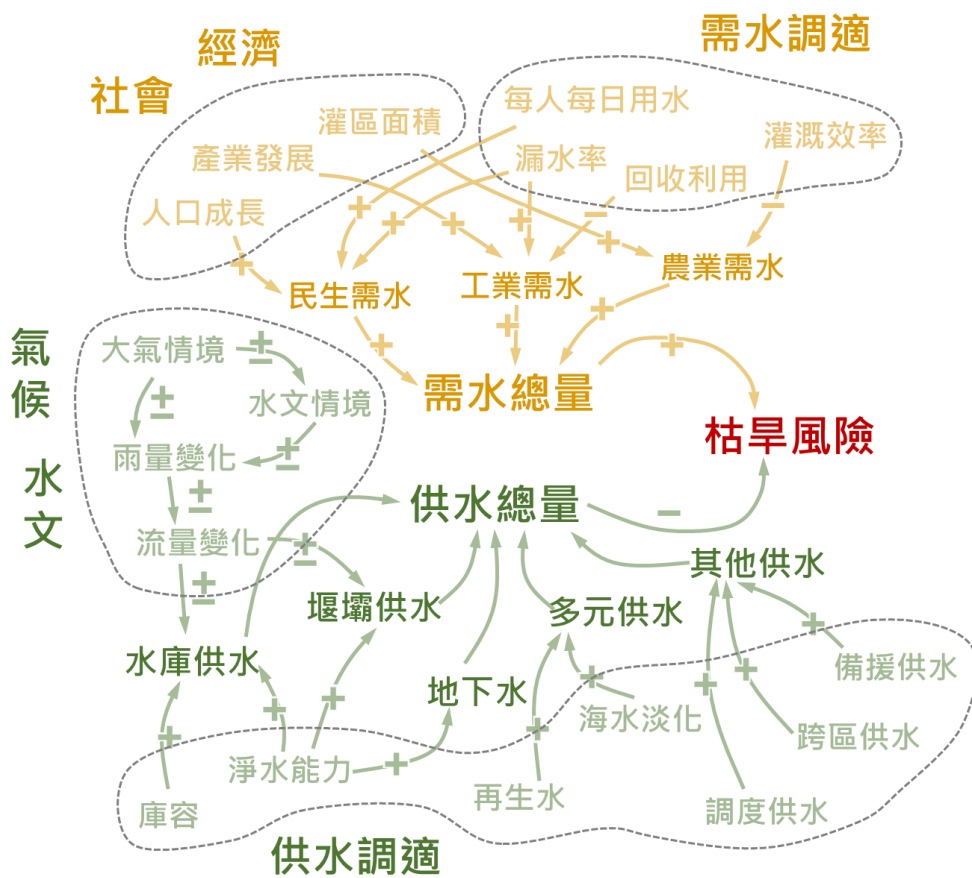


圖 3-2 經濟水文系統動力模型詳圖

(一)需水總量

需水總量係考慮區域內民生需水、工業需水以及農業需水，其會受到社會經濟與需水調適影響而有所變動。例如：工業需水可能因產業發展而有所提升，或者農業需水受到灌溉效率提高而有所減少。

(二)供水總量

供水總量係考慮區域內水資源基礎建設包括水庫供水、堰壩供水、地下水、多元供水以及其他供水等，其會受到氣候水文與供水調適影響而有所變動。例如：氣候變遷造成流量降低而造成水庫與堰壩供水減少，或者因多元供水設施上場而增加供水總量。

(三)枯旱風險

枯旱風險主要係藉由供需分析與經濟分析產出供需影響與經濟影響，作為枯旱風險之量化指標。其中，供需影響(缺水率)可搭配規劃設計標準判斷供需分析結果是否滿足缺水指數(SI)之設計值，若供需分析結果低於平均年缺水率 10%(SI=1.0)，則可視為不缺水情況，反之則視為缺水情況。

(四)需水調適

需水調適主要係考慮每人每日用水、漏水率、回收利用以及灌溉效率等因子，其可配合調適策略而進行調整，進而降低整體需水總量。例如：降低每人每日用水與漏水率等節流策略皆可降低整體需水總量。

(五)供水調適

供水調適主要係考慮庫容、淨水能力、再生水、海水淡化、調度供水、跨區供水以及備援供水等因子，其可配合調適策略而進行調整，進而增加整體供水總量。例如：藉由水庫壩體加高以增加蓄水量與供水總量，或者持續加強水庫清淤避免庫容減少，以維持供水總量。

(六)社會經濟

社會經濟主要係考慮人口成長、產業發展以及灌區面積等因子，其會隨著社會與經濟情況而有所變動，例如：工業需水可能因產業發展而有所提升，而農業需水則會隨著不同灌區面積(農糧政策)而有所增減。

(七)氣候水文

氣候水文主要係考慮大氣情境、水文情境、雨量變化以及流量變化等因子，其會隨著大氣與水文情況而有所變動，例如：氣候變遷造成流量降低而造成水庫與堰壩供水減少。

三、水源枯旱風險對於經濟影響

藉由水源枯旱風險分析可以推求特定水文情境(例如：梅雨偏少)造成臺南各區農業、工業、生活用水之缺水率、缺水量等。而枯旱經濟風險分析旨在估計前述臺南各區缺水情境之產業損失與經濟影響，程序分為以下幾個步驟(圖 3-3)：



圖 3-3 量化枯旱經濟風險評估程序圖

水源枯旱風險分析僅為特定水文情境之評估結果，實際上，當缺水可能發生時，管理單位將會在用水標的間進行調度與移用，例如調度農

業用水。本計畫此部分第一步驟估計產業停水損失，由於目前生活用水包含家庭用水、商業用水、機關用水、公共用水以及都市活動用水(如消防用水)等。由於在經濟方面，一般將產業(行業)粗分為農業、工業、服務業。若是停水，對於服務業與家庭用水的影響也有很大不同。因此，本計畫考量水利與經濟的分類方式，將產業區分為農業、工業、服務業，以下說明這三大產業的停水損失估計方式。第一步驟為缺水率、量、日數，但損失則是實際停水才會產生，因為產業所在建物多有水塔等蓄水設施，缺水不一定導致停水。農業與工業之停水發生閾值須視區域產業之蓄水設施，本計畫將進行調查後設定。服務業與家戶用水屬於公共給水，根據台灣自來水公司的「乾旱時期供水計畫」，當缺水率達 30%時將啟動分區輪流供水，將造成實質大規模之停水，因此可以將停水發生閾值設定於 30%，亦即當缺水率超過停水發生閾值則停水發生，缺少的水量仍舊由缺水量估計。產業停水損失的估計方式將於下節詳細說明。

第二步驟是估計停水經濟影響，當產業停水產業生產活動減損，進而造成產出減少，該產業之下游將因為投入減少也產生產出減少的影響，例如當工業因停水減產，銷售該工業產品之服務業也將減產，此部分的影響稱之為經濟影響，經濟影響的指標一般可分為產出效果與 GDP 效果。

(一) 產業停水損失

農業、工業、服務業三大產業的停水損失，亦即停水造成該產業的直接損失主要都將採用產業關聯表的方式進行估計。表 3-3 為 2011 年臺灣產業關聯表，並且將之加總為農業、工業、服務業四大行業，為計算停水損失，乃將用水供應部門獨立。產業關聯表縱向代表供給，以縱向第三直行的農業為例，代表農業部門向本部門購買 83,895 百萬元，例如種苗等投入，向工業部門購買 165,106 百萬元，例如肥料、農藥等中間生產投入，向用水供應部門購買 167 百萬元，向服務業購買 61,856 百萬元，農業部門原始投入為 248,805 百萬元，如農業部門支付的薪資與本部門利潤等，以上合計則為總投入。產業關聯表橫向代表需求，以第三列的農業為例，農業部門

銷售 83,895 百萬元給農業本部門，農業部門銷售 320,027 百萬元給工業部門，銷售 8 百萬元給用水供業，銷售 24,849 百萬元給服務業，最終需求代表消費、投資或出口者銷售最終產品 305,075 百萬元，其中 559,829 百萬元的農業產來自國內生產，此與農業總投入相等。另外進口為 174,025 百萬元。水為一中間投入，計算某一產業用水占中間投入之比例可以推估用水減少對其總投入(產出)之影響。在上表中，假如農業購買 167 百萬元用水，除以中間投入和所得合計之比例，表示農業水用減少對其投入(產出)之影響。另外，也可將用水支出除以附加價值(原始投入)，即表示每塊用水支出對附加價值(所得/原始投入)的影響，亦即水的邊際價值。

但因為受限於產業關聯表僅有各產業向自來水公司付費取得的用水價值，並無產業自行取水的用水價值，故為解決資料上的限制，本計畫進行蒐集整理各地區農工服務業用水量，計算各產業在生產時，使用一單位用水時可以創造多少產值，重新計算用水(中間投入)與產出的關聯。

表 3-3 民國 100 年臺灣產業關聯表(投入產出表)

		購買部門(中間需求)				最終需求	總需求 =總供給	國內生產	進口
		農業	工業	用水 供應	服務業				
銷售 部門 中間 投入	農業	83,895	320,027	8	24,849	305,075	733,854	559,829	174,025
	工業	165,106	13,475,102	5,996	1,783,641	12,702,306	28,132,151	19,835,119	8,297,032
	用水 供應	167	13,981	10,594	8,203	10,207	43,152	42,374	778
	服務業	61,856	2,022,552	3,441	3,050,189	10,428,640	15,566,678	14,566,488	1,000,190
	原始 投入	248,805	4,003,457	22,335	9,699,606				
	總投入	559,829	19,835,119	42,374	14,566,488				

註：單位為百萬元。

行政院主計總處每 5 年公布臺灣產業關聯表，雖目前已公布民國 105 年臺灣產業關聯表(全國表)，但本計畫主要係針對臺南地區分析水源枯旱風險之經濟影響，需配合農業生產與成本調查、農業

統計年報、工商及服務業普查調查結果、其他家庭收支調查、進出口統計等需求面資料來編算多區域之區域產業關聯表，而區域產業關聯表則係由臺灣產業關聯表為控制數，再以 RAS 調整供需平衡，惟處理程序繁雜且耗時多年，故選擇沿用民國 100 年臺灣產業關聯表與已完成其所對應之區域產業關聯表進行分析(合併為四區域與三部門)。

將臺灣產業關聯表，配合工商及服務業普查資料，以 RAS 法、區位商數法訂定縣市別產值與投入係數，決定縣市別各產業對每區域使用比率矩陣，以及縣市別進口與國產品使用比率，建立非競爭型中間交易表，再計算區域間交易流量，由區域間表加以彙編為競爭移入型區域間表與區域內表，可以製作各縣市的區域產業關聯表，在本計畫中即為臺南產業關聯表。

(二)家戶停水損失

家戶(家庭)用水的停水損失估計因為家戶沒有產值尤為困難，然而長時間停水對家戶的影響非常嚴重。民國 105 年 2 月 6 日發生震央於高雄市美濃區芮氏規模 6.6 地震，最大震度為臺南市新化和玉井 7 級。美濃地震除造成臺南永康維冠大樓倒塌多人傷亡以外，該大樓倒塌壓毀永大路下方自來水管線外，臺 20 省道新化區忠孝路的南化水庫送水幹管嚴重受損，臺南多處停水。停水受影響戶數從一地震當天 40 萬戶，經台水搶修後，已逐步從 25 萬、5 萬戶減到 5,000 戶，到 2 月 23 日仍有 250 戶供水不穩定。臺南有住戶停水(或僅夜間供水)長達三週以上。由於影響的區域有限，期間水公司及臺南市政府以水車送水及設立臨時供水點的方式因應。根據科技部災害防救應用科技方案「天然災害減災效益分析與災害防救績效評估研究 (II)」針對停水區域內有實際長時間(超過一週)停水經驗居民訪談發現，移居外地親友家及旅館者很少，少於 5%，但因適逢春節假期，停水住戶多要平時未住臺南親友避免回家。飲用水來源多數是購買瓶裝水，衛生用水有少數到旅館或供洗澡地方使用，多數仍使有水車及臨時供水站提水。以外食取代煮飯，減少

家庭清掃次數等。由於水公司或市政府的水車是消防隊水車，無法將水灌入住家水塔，許多老人因為提水上樓而受傷。此外，因消防隊水車於救火時取用河水，許多民眾擔心水車水質不佳，故僅用於居家衛生清潔，有嬰幼兒的家庭更不敢使用。停水對家戶之影響遠比想像中大。

該研究用問卷以趨避行為法及條件評估法兩者進行停水成本衡量。趨避行為法乃透過衡量居民為降低環境影響所採取之因應行為為成本，如為了因應空氣污染而增加清掃、購買空氣清淨機、口罩等行為之成本。條件評估法(contingent valuation method)詢問受訪者最少要給予多少錢方能補償停水期間生活不便的損失。結果顯示每個家戶每一個停水日的趨避行為損失為 271.09 元，對於一個停水日產生的生活不便平均最小願受補償為 736.95 元，亦即每家戶一個停水日損失約為 1,000 元。此結果可以作為家戶的所得或支出減少，再透過下述區域投入產出模型進行經濟影響估計。

由於產業關聯表旨在呈現產業間的貿易關係，所以產業關聯表中沒有家戶部門，家戶部門呈現在兩個部分，一是最終需求之一部分為個人消費，二是原始投入之一部分為勞動報酬。由於家戶的勞動報酬將用於個人消費，所以可以將這兩個部分內生化成為一個準產業-家戶部門，則可以使用原有的產業關聯分析(Miller and Blair, 2009)。

前述特定水文情境之評估結果只能估計農業、工業、民生用水的缺水量，但民生用水包含服務業與家戶用水兩部分。前述將家戶勞動報酬與個人消費內生化所產生的產業關聯表雖然可以估計家戶停水的損失，但仍舊必須有家戶用水的缺水量方能計算特定水文情境下家戶停水損失。這個問題可以透過產業關聯表反推。產業關聯表呈現用水投入與產出的關係，以服務業來說，服務業用水產出是服務業生產總額，其比例(由產業關聯表可得)可用來反推用水量。服務業絕大多數用水來自自來水，給定自來水水價，可以估計服務業用水量，民生用水量扣除服務業用水量，則為家戶用水量。

(三)停水經濟影響

供給面外生衝擊(如缺水)的變動對於各產業所產生之產業關聯產出、所得、就業效果影響。分析的方式在 Lin et al. (2012)有詳細說明,使用相同的分析方法可以在本計畫估計臺南產業停水損失對臺南及其他地區(其他南部縣市、北部、中部、東部)的農業、工業、服務業經濟影響。而本年度採用產業關聯分析方法為靜態模型,而在氣候變遷的水文影響屬於長期的動態問題,後續也會在本計畫基礎下,考慮長期動態的氣候變遷下的缺水影響。另外,在資料上因為配合產業關聯表統計資料屬於年為單位的資料,故將水文情境下的缺水量也統一以年資料來進行計算。

表 3-4 臺灣五區域之區域產業關聯表

地區產業	台南市			其他南部縣市			中部			北部			東部			家計消費	國內最終需求	出口	
	農業	工業	民生	農業	工業	民生	農業	工業	民生	農業	工業	民生	農業	工業	民生				
台南市	農業	98	762	25	154			234			181			4			340	350	26
	工業	268	14,163	1,500	7,258			8,326			8,169			458			2,096	4,754	4,515
	民生	18	1,123	1,390	736			711			2,317			22			2,912	7,569	655
其他南部縣市	農業	67		262	712	74	211			490			5			861	892	132	
	工業	1,557		753	31,258	4,922	6,406			9,307			1,678			5,241	9,867	22,570	
	民生	188		47	1,496	4,717	671			4,443			60			7,407	15,974	3,276	
中部	農業	307		247			433	919	83	885			34			982	1,022	132	
	工業	3,981		15,454			790	31,169	4,998	25,707			2,668			6,094	11,150	22,562	
	民生	430		559			49	2,075	4,834	6,278			90			8,406	17,883	3,276	
北部	農業	232		383			651			82	1,013	223	54			2,499	2,512	186	
	工業	5,161		24,023			26,502			203	57,547	16,339	5,266			15,775	31,463	31,612	
	民生	511		1,849			2,868			14	4,218	21,141	157			23,747	59,594	4,586	
東部	農業	12		20			22			79			48	49	7	82	86	53	
	工業	132		352			966			1,087			80	1,153	431	559	818	9,030	
	民生	23		86			255			542			6	59	413	707	1,557	1,310	
勞動報酬	170	1,432	3,101	426	2,155	9,051	572	3,501	10,566	120	7,217	33,552	73	137	886				
原始投入	353	3,657	4,648	812	4,780	13,295	1,088	6,953	15,174	260	17,039	53,628	162	269	1,239				

註：單位為億元。

前面說明如何由臺灣產業關聯表拆分得到臺南產業關聯表,透過同樣的方式可以得到各縣市產業關聯表,再將同一區域如北部區域的縣市相加可以得到北部區域的產業關聯表,進而組合為全國的

區域產業關聯表，由於本計畫將產業分為農業、工業、服務業，因此，區域產業關聯表也會是每個區域各有這三種產業，請參見表 3-4。在經濟影響分析方面，區域產業關聯表的分析方式與全國的產業關聯表分析方式一樣，可以想像成一個區域的一個產業即為全國之一個產業，用同樣的分析方式可以得到臺南的產業停水損失對全國各區域之經濟影響，而臺灣五區域國內關聯程度表如表 3-5。

表 3-5 臺灣五區域國內關聯程度表

部門		臺南			其他南部			中部			北部			東部			家計消費
		農業	工業	服務	農業	工業	服務	農業	工業	服務	農業	工業	服務	農業	工業	服務	
臺南	農業	1.0691	0.0357	0.0541	0.0407	0.5240	0.1016	0.0638	0.4982	0.0944	0.0104	0.5597	0.2444	0.0047	0.0390	0.0166	0.1900
	工業	0.0109	1.5404	0.0649	0.0162	0.5804	0.1182	0.0160	0.5230	0.1093	0.0026	0.5841	0.2699	0.0037	0.0451	0.0196	0.1300
	服務	0.0029	0.1096	1.1262	0.0036	0.1242	0.0828	0.0035	0.1139	0.0755	0.0007	0.1589	0.2886	0.0008	0.0095	0.0065	0.4100
其他南部	農業	0.0052	0.0960	0.0102	1.1235	0.6830	0.1131	0.0382	0.2762	0.0535	0.0151	0.4647	0.1893	0.0036	0.0292	0.0124	0.3800
	工業	0.0017	0.0780	0.0106	0.0216	1.7988	0.1540	0.0084	0.2682	0.0581	0.0017	0.3605	0.1734	0.0035	0.0432	0.0186	0.1900
	服務	0.0004	0.0187	0.0078	0.0045	0.1467	1.2222	0.0018	0.0580	0.0394	0.0005	0.1084	0.2468	0.0006	0.0066	0.0056	0.6400
中部	農業	0.0136	0.0997	0.0177	0.0310	0.3906	0.0762	1.1442	0.6093	0.0990	0.0192	0.6124	0.2447	0.0085	0.0401	0.0159	0.3300
	工業	0.0026	0.1187	0.0158	0.0130	0.4688	0.0950	0.0178	1.6027	0.1216	0.0025	0.5645	0.2531	0.0043	0.0523	0.0225	0.1600
	服務	0.0006	0.0290	0.0133	0.0023	0.0790	0.0386	0.0043	0.1541	1.1992	0.0006	0.1415	0.2993	0.0007	0.0083	0.0071	0.6400
北部	農業	0.0077	0.0616	0.0108	0.0297	0.2922	0.0555	0.0535	0.2960	0.0534	1.0194	0.4998	0.1884	0.0082	0.0299	0.0113	0.0500
	工業	0.0021	0.0993	0.0134	0.0118	0.4276	0.0873	0.0114	0.3792	0.0808	0.0028	1.6891	0.2895	0.0044	0.0534	0.0229	0.1500
	服務	0.0003	0.0160	0.0068	0.0016	0.0544	0.0360	0.0016	0.0560	0.0455	0.0005	0.1287	1.3633	0.0005	0.0054	0.0047	0.8100
東部	農業	0.0065	0.0350	0.0099	0.0258	0.1666	0.0517	0.0321	0.1410	0.0483	0.0188	0.1857	0.1866	1.1651	0.2047	0.0436	0.6300
	工業	0.0008	0.0357	0.0049	0.0036	0.1232	0.0262	0.0049	0.1604	0.0349	0.0009	0.1899	0.0883	0.0089	1.1106	0.0459	0.1000
	服務	0.0003	0.0157	0.0069	0.0015	0.0511	0.0360	0.0020	0.0685	0.0745	0.0004	0.0913	0.2154	0.0026	0.0235	1.1223	0.5100
勞動報酬		0.0100	0.2400	0.0900	0.0200	0.3700	0.2200	0.0300	0.5400	0.2600	0.0600	0.9700	0.6600	0.0000	0.0200	0.0200	1.4800

四、水源枯旱風險經濟分析

根據可能水文情境之缺水率以及缺水量來計算對於臺南地區缺水的直接經濟影響結果，後續推估臺南地區各部門缺水下的經濟損失。本計畫採用之產業關聯表為基期民國 100 年資料庫，為了能讓相關經濟評估更符合現況，故蒐集整理農業統計年報以及普查綜合報告(工商及服務業企業單位經營概況—按縣市別分)進行各地區部門產值更新至民國 107 年數據。其次，整理民國 107 年最新臺南與臺灣各地區農業、工業與生活用水資料，最終計算出各地區部門每噸用水價值。

(一)各地區部門產值

因為目前普查綜合報告最新資料年份為民國 105 年，故農業部門資料庫基期也蒐集民國 105 年農業統計年報數據，後續再採用國民所得及經濟成長的歷年國內各業生產與平減指數資料進行更新至民國 107 年。表 3-6 為整理農業統計年報各地區農業產值。

各地區工業與服務業部門數據，根據主計總處公布民國 105 年普查綜合報告統計表進行整理，其中工業部門包含 1.礦業及土石採取業、2.製造業、3.電力及燃氣供應業、4.用水供應及污染整治業與 5.營建工程業。服務業部門包含 1.批發及零售業、2.運輸及倉儲業、3.住宿及餐飲業、4.出版、影音製作、傳播及資通訊服務業、5.金融及保險業、強制性社會安全、6.不動產業、7.專業、科學及技術服務業、8.支援服務業、9.教育業、10.醫療保健及社會工作服務業、11.藝術、娛樂及休閒服務業與 12.其他服務業。相關統計如表 3-7 與表 3-8。

表 3-6 民國 105 年各縣市農業產值

地區		產值	地區		產值
北部	新北市	6,922.16	其他南部*	嘉義市	616.71
	臺北市	519.32		高雄市	36,772.90
	桃園市	10,702.87		嘉義縣	43,039.59
	基隆市	2,279.26		屏東縣	70,660.06
	新竹市	698.56		澎湖縣	1,862.23
	新竹縣	6,931.13		金門縣	566.70
	宜蘭縣	13,545.98		連江縣	63.10
	小計	41,599.29		小計	153,581.30
中部	臺中市	33,263.87	東部	臺東縣	9,538.91
	苗栗縣	13,896.98		花蓮縣	9,957.17
	彰化縣	61,256.61		小計	19,496.08
	南投縣	33,648.87	臺南	57,252.60	
	雲林縣	77,626.83	民國 105 年農業產值總計		520,227.29
	小計	219,693.16			

註：¹ 單位為百萬元；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³ 資料來源：農業統計年報。

表 3-7 民國 105 年工業與服務業普查-區域別

部門	北部	中部	臺南	其他南部*	東部
工業	11,171,853	4,263,779	1,134,050	2,041,619	60,555
服務業	9,393,142	1,458,896	357,724	1,013,359	88,028
合計	20,564,996	5,722,675	1,491,774	3,054,978	148,584

註：¹ 單位為百萬元；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³ 資料來源：民國 105 年普查綜合報告統計表，地區別統計表，工商及服務業企業單位經營概況-按縣市別分，<https://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=37470&ctNode=543>

表 3-8 民國 105 年工業及服務業普查-縣市別(1/2)

地區	總計	礦業及土石採取業	製造業	電力及燃氣供應業	用水供應及污染整治業	營建工程業	批發及零售業	運輸及倉儲業	住宿及餐飲業	出版、影音製作、傳播及資訊服務業	金融及保險業、強制性社會安全	不動產業	專業、科學及技術服務業	支援服務業	教育業	醫療保健及社會工作服務業	藝術、娛樂及休閒服務業	其他服務業	
北部	臺北市	10923543	424.587	3151435.2	489329.592	22199.148	338603.36	1387445.26	560138.08	277446.72	796631.91	2779150.4	241380.47	364262.266	208386.6	34629.349	176947.7	41209.974	53922.37
	新北市	3562531.28	416.117	2148212.7	8394.521	12006.145	266166.85	491738.674	82961.67	90523.411	82842.083	34521.198	58142.678	86668.277	51016.61	16112.533	86016.37	11896.252	34895.15
	桃園市	2619246.41	690.627	1650617.1	29946.839	16344.883	135454.4	184330.871	335892.49	63811.365	9549.012	9436.938	26096.948	24486.229	25441.49	8974.312	72748.13	7535.139	17889.63
	基隆市	218967.201	0	23723.148	670.394	888.232	14725.979	18623.924	121427.53	8926.889	1348.405	1365.099	2118.821	2607.768	1819.061	1385.841	11241.5	2940.327	5154.289
	新竹市	2096838.75	D	1912438.6	D	2100.238	34727.871	54170.855	5643.972	14234.474	9757.024	4231.778	8298.581	17873.278	6711.252	2956.393	16419.65	1282.942	5672.102
	宜蘭縣	164983.933	1395.627	66193.709	645.26	681.031	25883.272	18341.054	8117.914	13921.42	1300.669	1345.543	2931.991	2476.818	1983.925	1414.037	13192.32	1536.235	3623.108
	新竹縣	978884.986	D	768265.73	D	2549.506	35913.025	46903.337	15277.479	13549.473	8763.015	2399.132	9688.351	36040.784	7778.485	2971.483	9549.819	4333.964	4411.726
中部	臺中市	3210314.38	2492.689	1862070	5190.842	45846.956	224995.03	414387.829	56439.726	137022.29	33681.854	36984.004	79784.952	56386.458	42956.81	26235.004	115616.6	16462.931	53760.48
	苗栗縣	554284.704	9620.427	443866	601.431	1062.812	24413.75	25173.582	6332.298	8307.802	1389.38	1634.142	4267.589	5910.696	2870.375	1504.45	10377.5	1574.216	5378.254
	彰化縣	894760.092	D	664021.49	D	5916.452	37273.752	62515.311	11807.64	17243.302	2680.491	13063.663	6332.216	6494.916	4808.793	3872.022	38046.05	1783.832	8540.978
	南投縣	200717.191	1399.555	122369.97	1492.837	1361.288	14274.467	12948.841	5328.947	12927.987	992.701	1894.06	2342.982	2429.152	1225.329	1588.69	11333.3	2269.869	4537.219
	雲林縣	862598.48	D	729624.4	D	3293.799	27818.803	24585.916	10463.958	8569.628	1247.205	3618.448	2811.879	1818.793	2167.178	1709.407	14639.35	1497.158	4319.647
南部	臺南市	1491773.53	162.526	1033629.3	15006.055	7327.683	77924.457	122547.361	23883.486	41357.819	11557.955	22209.612	21660.439	14439.329	11976.36	7961.926	59545.34	4381.759	16202.17
	高雄市	2471447.64	556.079	1478489.8	12276.341	24337.448	191271.18	236097.88	121010.75	84748.445	33056.01	26880.301	39770.047	29780.719	34705.23	12675.004	103145.6	10659.015	31987.77
	嘉義市	89737.423	D	15331.822	D	421.597	11584.426	16915.612	3957.738	8584.992	1319.173	1123.875	3504.052	1884.625	1763.289	1190.891	17421.16	873.015	3231.191
	嘉義縣	189717.012	D	107387.8	D	2028.496	16678	16048.323	3433.732	7288.393	934.137	2086.718	1645.864	1303.912	3331.244	970.36	14737.46	1057.766	3459.946
	澎湖縣	15158.249	0	1101.957	28.383	47.339	3130.934	3237.971	920.909	2527.807	202.227	313.577	303.498	111.063	767.384	150.301	1719.198	188.549	407.152
	屏東縣	255246.046	1063.297	118677.83	1142.678	2324.359	23905.086	36224.85	5318.24	22223.244	1594.396	1457.817	2673.289	2890.579	2677.603	2191.932	19249.31	3447.967	8183.566

註：¹D 表示該行業廠商數小於三家，所以不揭露統計資料；²資料來源：民國 105 年普查綜合報告統計表，地區別統計表，工商及服務業企業單位經營概況-按縣市別分，<https://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=37470&ctNode=543>

表 3-8 民國 105 年工業及服務業普查-縣市別(2/2)

地區	總計	礦業及土石採 取業	製造業	電力及燃氣 供應業	用水供應及 污染整治業	營建工程業	批發及零售業	運輸及倉儲業	住宿及餐飲業	出版、影音製作、 傳播及資訊服務業	金融及保險業、 強制性社會安全	不動產業	專業、科學及 技術服務業	支援服務業	教育業	醫療保健及 社會工作服務業	藝術、娛樂及 休閒服務業	其他服務業	
東 部	臺東縣	40977.964	452.245	3464.067	D	85.534	6377.264	9387.053	1912.801	7242.833	413.861	0	798.109	679.35	701.627	346.559	6410.004	473.628	1366.302
	花蓮縣	107605.601	1431.505	16880.324	18548.214	355.364	12093.845	14276.853	6120.624	10577.63	1062.188	1826.178	1851.257	1958.296	1578.294	747.33	15125.33	932.285	2240.086
金 馬	連江縣	3575.06	D	552.41	D	133.231	903.968	289.83	918.339	376.016	17.04	0	0	25.813	82.56	17.745	139.774	43.053	62.456
	金門縣	30096.939	D	14454.927	D	515.582	4121.899	2747.453	2165.267	1686.834	186.157	0	0	466.339	614.344	234.044	1201.793	145.966	371.663

註：¹D 表示該行業廠商數小於三家，所以不揭露統計資料；²資料來源：民國 105 年普查綜合報告統計表，地區別統計表，工商及服務業企業單位經營概況-按縣市別分，<https://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=37470&ctNode=543>

最後利用主計總處公布國民所得及經濟成長的歷年國內各業生產資料更新民國 107 年農業產值 621,406 百萬元、工業產值 23,071,346 百萬元以及服務業產業 17,057,836 百萬元，各部門產業產值更新如表 3-9。

表 3-9 民國 107 年各地區產業產值

部門	北部	中部	臺南	其他南部	東部	產值合計
農業	52,581	277,690	72,367	194,125	24,643	621,406
工業	13,804,181	5,268,417	1,401,256	2,522,669	74,823	23,071,346
服務業	13,014,762	2,021,388	495,647	1,404,070	121,969	17,057,836
合計	26,871,524	7,567,495	1,969,270	4,120,864	221,435	40,750,588

註：¹單位為百萬元；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³資料來源：民國 105 年普查綜合報告統計表，地區別統計表，工商及服務業企業單位經營概況-按縣市別分，<https://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=37470&ctNode=543>

(二)民國 107 年各地區部門用水量

後續為了計算推估缺水時的經濟損失，所以需整理民國 107 年臺灣各地區產業目前用水情況，包含農業用水、工業用水與生活用水。

農業用水包含灌溉用水、養殖用水以及畜牧用水。其中因為臺南與嘉義地區用水為同一系統，在統計資料上合併計算，故無法將臺南地區單獨拆解，後續在農業部門計算單位每噸用水價值以嘉南地區計算，民國 107 年農業用水資料如表 3-10。

表 3-10 民國 107 年各區域農業用水

農業用水量	北部	中部	嘉南	其他南部*	東部	用水量合計
灌溉用水	1,712.86	3,950.76	498.90	1,155.42	2,354.76	9,672.71
養殖用水	15.43	181.96	132.66	391.13	19.32	740.50
畜牧用水	4.15	39.59	0.00	24.81	1.95	70.49
合計	1,732.44	4,172.30	631.56	1,571.36	2,376.03	10,483.70

註：¹單位為百萬立方公尺/年；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³資料來源：經濟部水利署，各項用水統計資料庫。

工業用水以及生活用水主要可以區分從自來水廠供應以及自行取水，故民國 107 年工業部門與生活用水資料如表 3-11 與表 3-12。最後根據上述資料整理民國 107 年各地區部門用水資料，如表 3-13。另外，臺南地區之各產業之值與用水量整理如表 3-14。

表 3-11 民國 107 年各地區工業用水

工業用水	北部	中部	臺南	其他南部*	東部	用水量合計
自來水	291.97	177.39	70.95	289.10	1.16	830.57
自行取水	163.42	430.97	37.04	154.16	51.40	836.99
合計	455.39	608.36	108.00	443.25	52.56	1667.56

註：¹單位為百萬立方公尺/年；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³資料來源：經濟部水利署，各項用水統計資料庫。

表 3-12 民國 107 年各地區生活用水

生活用水	北部	中部	臺南	其他南部*	東部	用水量合計
自來水	1,453.76	728.77	223.90	495.74	68.16	2,970.34
自行取水	33.63	45.04	2.01	43.68	8.73	133.08
合計	1,487.39	773.80	225.91	539.42	76.90	3,103.42

註：¹單位為百萬立方公尺/年；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³資料來源：經濟部水利署，各項用水統計資料庫。

表 3-13 民國 107 年各地區用水量

用水量	北部	中部	臺南	其他南部*	東部	合計
農業	1,732.44	4,172.30	631.56**	1,571.36	2,376.03	10,483.70
工業	455.39	608.36	108.00	443.25	52.56	1667.56
生活用水	1,487.39	773.80	225.91	539.42	76.90	3,103.42
合計	3,675.23	5,554.47	965.46	2,554.04	2,505.49	15,254.68

註：¹單位為百萬立方公尺/年；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³**表示嘉南灌區用水；⁴資料來源：經濟部水利署，各項用水統計資料庫。

表 3-14 民國 107 年臺南地區各部門產值以及用水量

部門	臺南產值	臺南用水量		部門用水量
農業	72,367	灌溉用水*	498.90	631.56
		養殖用水*	132.66	
		畜牧用水*	0	
工業	1,401,256	自來水	70.95	107.99
		自行取水	37.04	
生活用水	495,647	自來水	223.90	225.91
		自行取水	2.01	
合計	1,969,270	-	965.46	965.46

註：¹單位為百萬元與百萬立方公尺/年；²*表示嘉南灌區用水。

因為生活用水包含服務業用水以及家計部門用水，這兩個部門主要都是採用自來水，故根據民國 100 年產業關聯表結構，服務業自來水年支出費用為 199.54 億元，家計部門自來水支出費用為 101.61 億元，所以服務業與家計部門的自來水比例為 0.66：0.34，作為拆解生活用水之比例，修正民國 107 年各地區各部門用水資料如表 3-15。

表 3-15 民國 107 年各地區用水量

用水量	北部	中部	臺南	其他南部*	東部	合計
農業	1,732.44	4,172.30	631.56**	1,571.36	2,376.03	10,483.70
工業	455.39	608.36	108.00	443.25	52.56	1,667.56
服務業	981.68	510.71	149.10	356.02	50.75	2,048.26
家計部門	505.71	263.09	76.81	183.40	26.15	1,055.16
合計	3,169.51	5,291.38	888.65	2,370.64	2,479.34	14,199.52

註：¹單位為百萬立方公尺/年；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³**表示嘉南灌區用水；⁴資料來源：經濟部水利署，各項用水統計資料庫。

(三)可能水文情境下缺水之經濟直接衝擊計算

透過本節整理之各部門產值以及用水量，計算各地區部門單位用水係數(用水價值)=產值/用水量，詳細如表 3-16。再利用臺南各部門每噸用水價值來計算本計畫水文缺水情境的經濟影響，在臺南地區農業部門用水價值每噸 114.58 元、工業部門每噸用水 12,974.59 元與服務業用水每噸 3,324.26 元。再依據各情境推估最

後農工以及服務業之缺水量，推算出最後本計畫臺南地區缺水直接經濟衝擊價值(情境一)，作為後續採用產業關聯模型推估對於間接經濟影響以及臺灣其他地區之連動衝擊。

根據南部科學工業園區資料，民國 107 年南科年產值為 7,344.29 億元，每年用水量 4,395.2 萬噸，所以南科每噸用水價值為 16,709.8 元，若假設主要缺水造成主要損失在南科地區，而工業部門直接經濟衝擊參數則改採南科單位用水價值(情境二)。後續根據本計畫模擬出水文情境造成各部門用水減少多少，再依據缺水情況計算部分供水減少下之經濟損失，依據此全年各部門缺水減少以及每公噸各產業價值來推估各部門一整年內用水減少之直接經濟損失。

表 3-16 民國 107 年各地區部門單位用水價值

用水量	北部	中部	臺南	其他南部*	東部
農業	30.35	66.56	114.58**	123.54	10.37
工業	30,312.88	8,660.03	12,974.59	5,691.30	1,423.57
服務業	13,257.64	3,958.00	3,324.26	3,943.80	2,403.33

註：¹單位為元/噸；²*表示不包含臺南市，含離島地區；³**表示嘉南灌區用水；⁴資料來源：經濟部水利署，各項用水統計資料庫。

(四)可能水文情境下缺水之家計部門直接衝擊計算

首先需計算臺南地區之各部門勞動報酬，根據主計總處公布之工商及服務業場所單位經營概況-按縣市別分中臺南地區之薪資支出為 268,143 百萬元；而在農業部門之勞動報酬，因為沒有實際臺南地區之農家勞動報酬統計資料，故採用 2011 年農業勞動報酬(136,070 百萬元)占農業產值(559,829 百萬元)之比例(0.24)去推算 2018 年農業勞動報酬，而 2018 年農業產值為 72,367 百萬元計算(乘上 0.24)，則農業勞動報酬為 17,589 百萬元，共臺南地區整體勞動報酬為 285,732 百萬元。

其次計算臺南地區之家計部門用水，根據 2011 年產業關聯表服務業用水與家計部門用水比例(0.66:0.34)來拆解臺南地區 2018

年的服務業與家計部門用水量，分別為 149.101 百萬噸/年與 76.81 百萬噸/年。根據上述家計部門單位用水價值計算出各地區家計部門單位用水價值(表 3-17)，並透過水源供需模擬缺水結果計算出家計部門缺水之直接損失，結果可參考附錄六。

表 3-17 民國 107 年各地區家計部門單位用水價值

部門	北部	中部	臺南	其他南部	東部
家計	5,667.21	3,909.25	4,382.16	3,703.26	1,987.85

註：單位為元/噸。

(五)可能水文情境下缺水之經濟影響

基於本計畫建構之臺灣五區域產業關聯表推估臺南地區水文情境缺水之下，造成臺南以及其它地區之整體經濟損失推估。主要利用供給面之投入產出模型，評估臺南地區缺水之下直接產值損失透過上下游產業之生產交互關係所創造出對臺南地區產業本身以及國內其他相關產業的直接與間接效益。針對供給面投入產出模型說明如下：

供給面投入產出模型係以某一產業部門投入成本(例如：中間投入原物料價格或數量、原始勞動投入成本)變動，透過每單位產出產品銷售分配係數矩陣計算產業關聯程度矩陣，同樣可以考慮直接及間接誘發效果下，計算對其他產業的產出影響效果。這種模型比較適用於探討來自某產業生產面的衝擊，因為此類產業之產出若作為其他產業的中間原料或勞務，可支援其他產業，一旦產出或價格變動，將使其他使用這些支援型產業產出作為投入的產業之投入成本發生變動，進而帶動中下游產業之產出變動。

因未來臺南缺水產業的產值或營收等會透過上下游產業之生產迂迴交互影響關係，造成產業本身以及國內其他相關產業的直接與間接生產效益。據此，本計畫利用 Miller and Blair(2009)的供給面投入產出模型進行這方面經濟效益的評估。惟此評估不考慮市場價格波動之效果，也不考慮任何技術面與進出口部門之調整機能，

僅純粹就供給面之改變後之產業關聯波及效果來計算，因此所得之結果應歸屬為「部分均衡效果」。

依據 Miller and Blair(1985)供給面投入產出模型，各產業部門之總收益等於投入成本，總收益為產品之價值，總投入成本包含中間投入與原始投入兩項，總收益與投入成本之關係可以表示如下(總收益即產品之總價值=中間投入+原始投入)：

$$\begin{aligned}
 X_1 &= (Z_{11} + Z_{21} + \dots + Z_{n1}) + V_1 \\
 X_2 &= (Z_{12} + Z_{22} + \dots + Z_{n2}) + V_2 \\
 &\vdots \\
 X_j &= (Z_{1j} + Z_{2j} + \dots + Z_{nj}) + V_j \\
 &\vdots \\
 X_n &= (Z_{1n} + Z_{2n} + \dots + Z_{nn}) + V_n
 \end{aligned} \tag{3-1}$$

其中， $i=1\dots n$ ， $j=1\dots n$ ， X_j 為第 j 個產業之產出， Z_{ij} 為第 j 產業生產 X_j 必須使用第 i 產業產品作為中間投入之數額， V_j 為第 j 個產業之為原始投入之數額，包含勞動報酬、資本消耗等項目。若以矩陣形式表示其關係：

$$X' = i'Z + V \tag{3-2}$$

其中， X' 為 X 之轉置矩陣， i 為元素為1之 n (產業個數) $\times 1$ 向量， Z 為中間投入矩陣， V 為原始投入矩陣。

在產出分配型態(即每單位產出產品銷售分配係數)固定不變的假設下：

$$Z_{ij}/X_i = \bar{a}_{ij} \tag{3-3}$$

或用矩陣形式表示如下：

$$Z = \hat{X}\bar{A} \tag{3-4}$$

其中， \hat{X} 為產出所形成之對角矩陣， \bar{A} 為每單位產出產品銷售分配係數矩陣。再將公式3-4代入公式3-2後，並以矩陣形式表示成下列所示：

$$X' = i'\hat{X}\bar{A} + V \tag{3-5}$$

因 $X' = i'\hat{X}$ ，經過移項後可得到：

$$X' = V(I - \bar{A})^{-1} \quad (3-6)$$

因此，當某部門中間或原始投入成本發生變動時，即可根據公式 3-6 解出新的產出向量，如下所示：

$$\Delta X' = \Delta V(I - \bar{A})^{-1} \quad (3-7)$$

其中， $(I - \bar{A})^{-1}$ 為里昂提夫矩陣，而 Δ 則為變動量。

同樣，若以國內里昂提夫矩陣 $(I - \bar{A}^D)^{-1}$ 替代里昂提夫矩陣 $(I - \bar{A})^{-1}$ ，則上式可改為：

$$\Delta X' = \Delta V(I - \bar{A}^D)^{-1} \quad (3-8)$$

其中， $\Delta X'$ 向量內所有元素之和即為某一支援型產業的產量、價格或原始投入成本面發生變動後，對整個經濟體系所產生之總產出效果。

本計畫後續透過水源供需模型推估未來臺南地區缺水造成各產業之直接損失(ΔV)，再乘上本計畫建構之臺灣五區域三部門之國內產業關聯程度表 $(I - \bar{A}^D)^{-1}$ ，即可計算出各情境之下臺南地區缺水對於整體經濟影響結果(直接+間接效果)。

若令各產業的附加價值係數向量(v)、就業係數向量(l)為固定且已知時，則由上式所求出的產出效果($\Delta X'$)即可分別轉變為附加價值(GDP)效果(ΔV)如下：

$$\Delta V = v\Delta X' \quad (3-9)$$

第四章 水源枯旱風險對經濟影響分析

本計畫主要係基於經濟水文系統動力模型，研提敏感分析流程(圖 4-1)藉以探討不同系統動力因子對於經濟影響之衝擊程度，辨識出對經濟影響具有顯著衝擊之系統動力因子。針對屬於需水調適或供水調適之系統動力因子，改變其數值後重新進行水源供需分析，計算該系統動力因子對應之枯旱缺水情況，然後再配合枯旱經濟分析探討枯旱事件造成之經濟影響。若系統動力因子變化造成之經濟影響變化愈顯著，則表示該系統動力因子愈重要，即屬於重要影響變量，可作為後續調適策略推動與擬定優選順序參考。

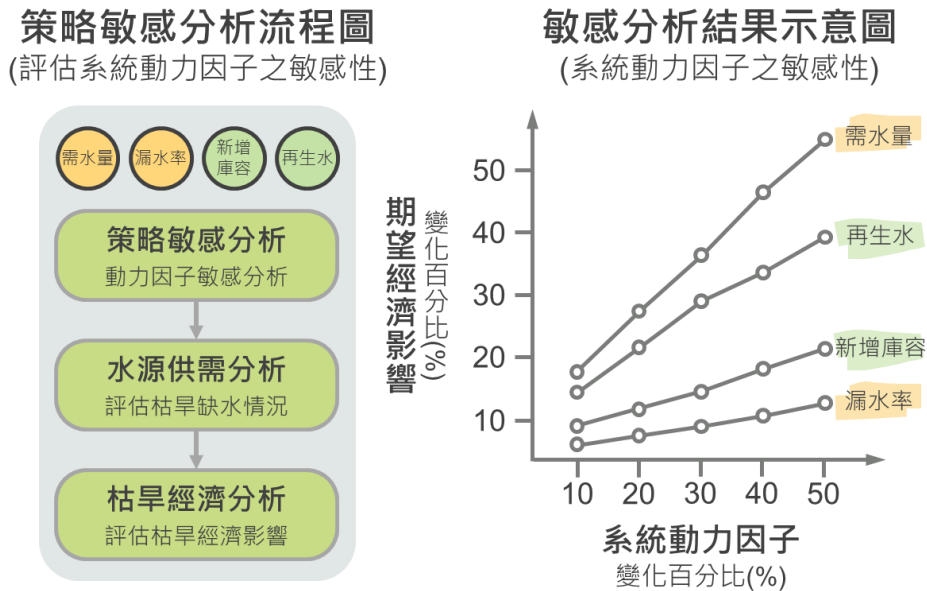


圖 4-1 策略敏感分析流程與分析結果示意圖

本計畫參考「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)進行水資源參數設定，選擇民國 125 年之供需情況作為基準案例，再採用-5%至+5%幅度調整基準案例之水資源參數(系統動力因子)，以探討不同系統動力因子之敏感程度，基準案例參數與其測試範圍如表 4-1 所示。

表 4-1 敏感分析之基準案例參數與其測試範圍

編號	項目	基準值	測試範圍	說明
C1	漏水率	6.84%	6.50~7.18%	降低漏水率計畫(民國 112 至 120 年)預定將臺南地區(六區處)漏水率降至 6.84%，本計畫選用 6.84%作為基準值並以該數據±5%作為敏感測試範圍。
C2	需水量	120.3 萬噸/日	118.8~121.8 萬噸/日	民國 107 年(現況)需水量為 90.9 萬噸/日，而民國 125 年需水量則成長至 120.3 萬噸/日，其增量約 29.4 萬噸/日，本計畫選用民國 125 年需水量(120.3 萬噸/日)作為基準值並以增量數據±5%作為敏感測試範圍。
C3	再生水	8.3 萬噸/日	7.9~8.7 萬噸/日	目前推動之再生水工程預計於民國 112 至 114 年期間陸續完工，可增供再生水 8.3 萬噸/日，本計畫選用再生水 8.3 萬噸/日作為基準值並以該數據±5%作為敏感測試範圍。
C4	新增庫容	2,423 萬噸	2,302~2,544 萬噸	南化水庫加高工程預計於民國 115 年完工，屆時其庫容將增加約 923 萬噸，而臺南大湖則預計於民國 120 年完工，屆時將再增加約 1,500 萬噸蓄水量。本計畫選用整體新增庫容 2,423 萬噸作為基準值並以該數據±5%作為敏感測試範圍。
C5	跨區供水	7 萬噸/日	6.7~7.4 萬噸/日	臺南高雄水源聯合運用工程預計於民國 110 年完工，屆時可增加臺南水源 7 萬噸/日，本計畫選用跨區供水 7 萬噸/日作為基準值並以該數據±5%作為敏感測試範圍。

參考資料：「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)

以系統動力因子「漏水率」為例，降低漏水率計畫(民國 112 至 120 年)預定民國 120 年將臺南地區之目標漏水率降低至 6.84%，本計畫選用其作為基準值並以該數據±5%作為敏感測試範圍，其敏感分析流程說明如下：(1)以民國 120 年漏水率作為基準值，並以±5%作為敏感測試範圍、(2)針對不同漏水率，推估其對應之公共需水量、(3)針對不同公共需水量進行水源供需分析以及(4)依據水源供需分析結果進行經濟分析，推求對應之經濟影響。針對不同系統動力因子之敏感分析結果說明如下：

一、漏水率因子(C1)之敏感分析

為探討漏水率因子對於水源供需與經濟影響之衝擊，本計畫以目標漏水率 6.84%作為基準值，測試漏水率於 6.50 至 7.18%區間(即基準值±5%)對應之水源供需與經濟影響情況，有助於瞭解其影響程度。圖 4-2

為漏水率敏感分析結果，圖中橫軸為漏水率測試範圍，左側縱軸為公共用水缺水量(萬噸/年)，右側縱軸則為缺水情況所對應之經濟影響(百億元/年)，而圖中標記數字為公共用水缺水率(%)。

漏水率敏感分析結果顯示：相較於基準案例，當漏水率有增加情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響亦隨之增加；反之當漏水率有減少情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響亦隨之減少。在漏水率最低情況(6.50%)下，其公共用水缺水量約為 3,092 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 49.89 百億元/年；在漏水率最高情境(7.18%)下，其公共用水缺水量約為 3,201 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 51.58 百億元/年。整體而言，當漏水率基準值變動範圍為±5%時，其對應之枯旱經濟影響變動約為±1.67%，屬於相對中度敏感因子。

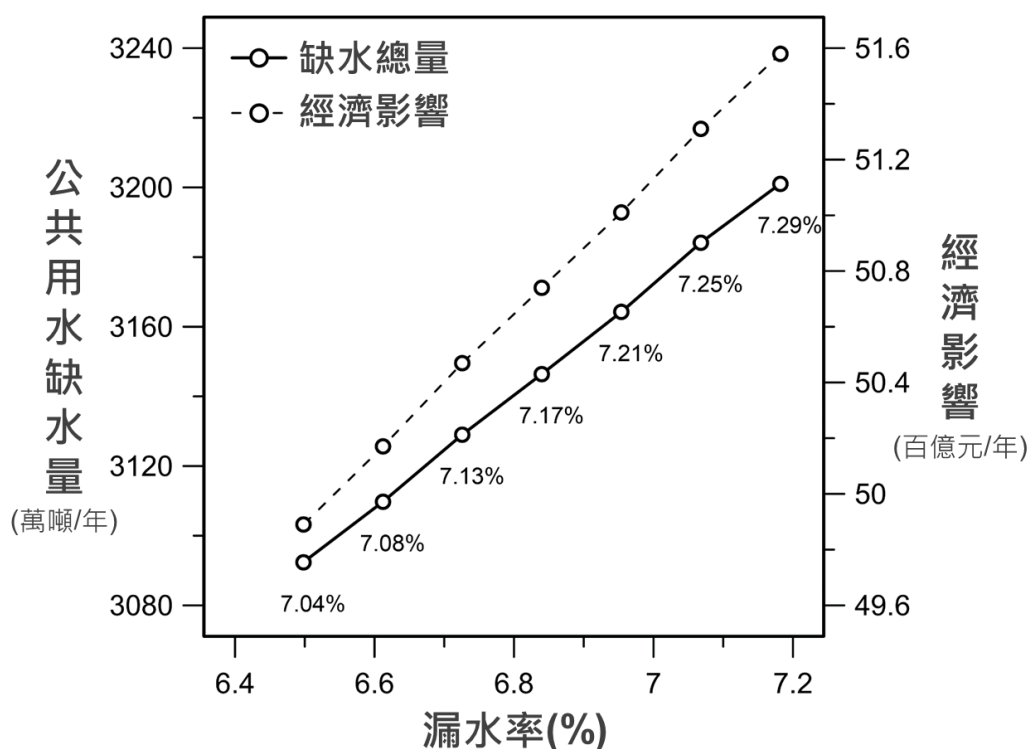


圖 4-2 漏水率因子之敏感分析結果

二、需水量因子(C2)之敏感分析

民國 107 年(現況)需水量為 90.9 萬噸/日，而民國 125 年需水量則成長至 120.3 萬噸/日，其增量約 29.4 萬噸/日，本計畫選用民國 125 年需水量(120.3 萬噸/日)作為基準值並以增量數據±5%作為敏感測試範圍。

臺南地區民國 107 年(現況)需水量為 90.9 萬噸/日，而民國 125 年需水量則成長至 120.3 萬噸/日，其增量約 29.4 萬噸/日(資料來源：經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年，109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃-期中報告書)。為探討需水量因子對於水源供需與經濟影響之衝擊，本計畫以民國 125 年需水量 120.3 萬噸/日作為基準值並以增量數據±5%作為敏感測試範圍，測試需水量於 118.8 至 121.8 萬噸/日區間對應之水源供需與經濟影響情況，有助於瞭解其影響程度。圖 4-3 為需水量敏感分析結果，圖中橫軸為需水量測試範圍，左側縱軸為公共用水缺水量(萬噸/年)，右側縱軸則為缺水情況所對應之經濟影響(百億元/年)，而圖中標記數字為公共用水缺水率(%)。

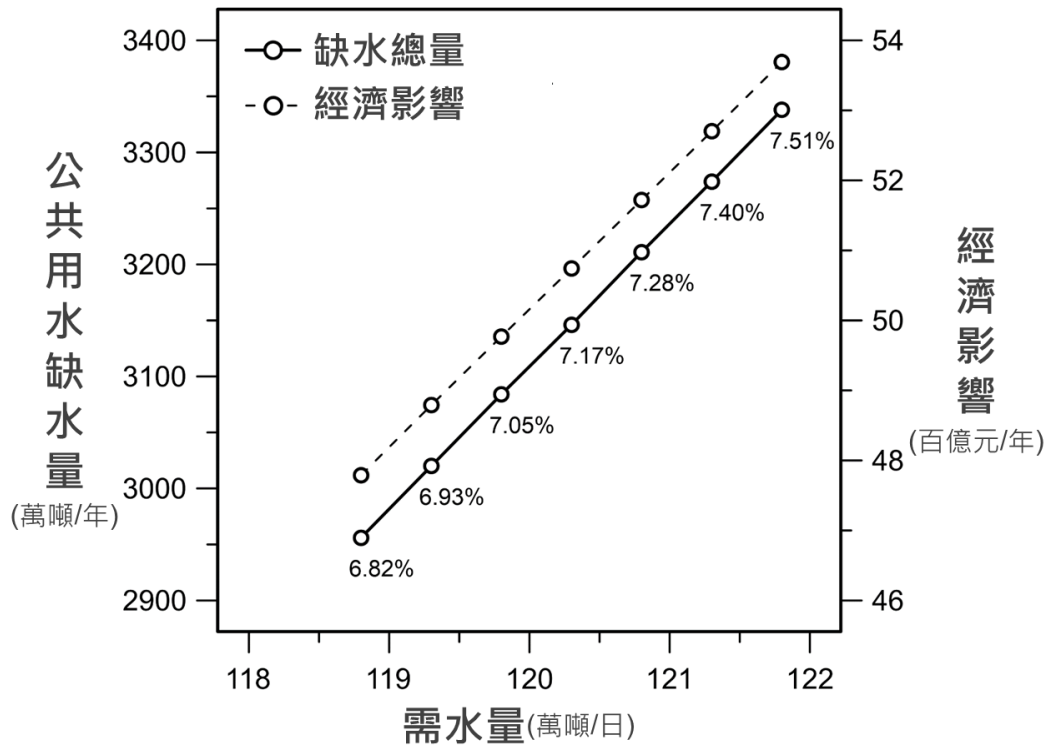


圖 4-3 需水量因子之敏感分析結果

需水量敏感分析結果顯示：相較於基準案例，當需水量有增加情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響亦隨之增加；反之當需水量有減少情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響亦隨之減少。在需水量最低情況(118.8 萬噸/日)下，其公共用水缺水量約為 2,956 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 47.79 百億元/年；在需水量最高情境(121.8 萬噸/日)

下，其公共用水缺水量約為 3,338 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 53.69 百億元/年。整體而言，當需水量基準值±增量數據 5%時，其對應之枯旱經濟影響變動約為±5.81%，屬於相對高度敏感因子。

三、再生水因子(C3)之敏感分析

為探討再生水因子對於水源供需與經濟影響之衝擊，本計畫以民國 114 年起提供再生水 8.3 萬噸/日作為基準值，測試再生水於 7.89 至 8.72 萬噸/日區間(即基準值±5%)對應之水源供需與經濟影響情況，有助於瞭解其影響程度。圖 4-4 為再生水敏感分析結果，圖中橫軸為再生水測試範圍，左側縱軸為公共用水缺水量(萬噸/年)，右側縱軸則為缺水情況所對應之經濟影響(百億元/年)，而圖中標記數字為公共用水缺水率(%)。

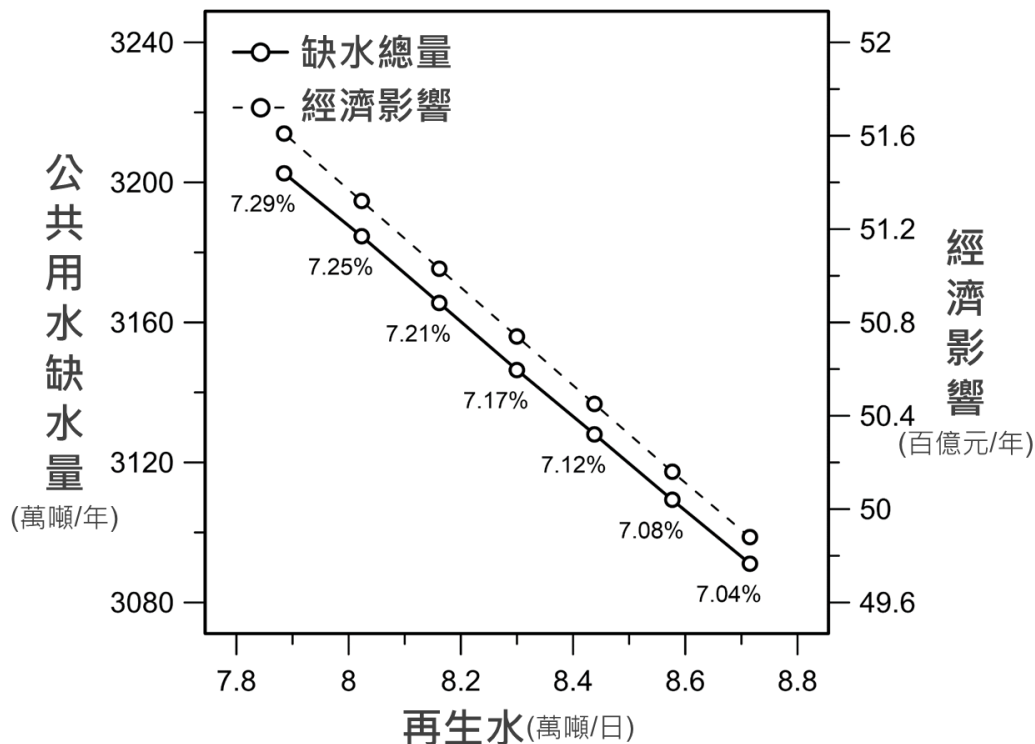


圖 4-4 再生水因子之敏感分析結果

再生水敏感分析結果顯示：相較於基準案例，當再生水有增加情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響則隨之減少；反之當再生水有減少情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響則隨之增加。在再生水最低情況(7.89 萬噸/日)下，其公共用水缺水量約為 3,203 萬噸/年，而對應之

經濟影響則約為 51.61 百億元/年；在再生水最高情境(8.72 萬噸/日)下，其公共用水缺水量約為 3,091 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 49.88 百億元/年。整體而言，當再生水基準值變動範圍為±5%時，其對應之枯旱經濟影響變動約為±1.70%，屬於相對中度敏感因子。

四、新增庫容因子(C4)之敏感分析

南化水庫加高工程預計於民國 115 年完工，屆時其庫容將增加約 923 萬噸，而臺南大湖則預計於民國 120 年完工，屆時將再增加約 1,500 萬噸蓄水量。為探討新增庫容因子對於水源供需與經濟影響之衝擊，本計畫選用新增庫容(2,423 萬噸)作為基準值，測試新增庫容於 2,302 至 2,544 萬噸區間(即基準值±5%)對應之水源供需與經濟影響情況，有助於瞭解其影響程度。圖 4-5 為新增庫容敏感分析結果，圖中橫軸為增加蓄水量測試範圍，左側縱軸為公共用水缺水量(萬噸/年)，右側縱軸則為缺水情況所對應之經濟影響(百億元/年)，而圖中標記數字為公共用水缺水率(%)。

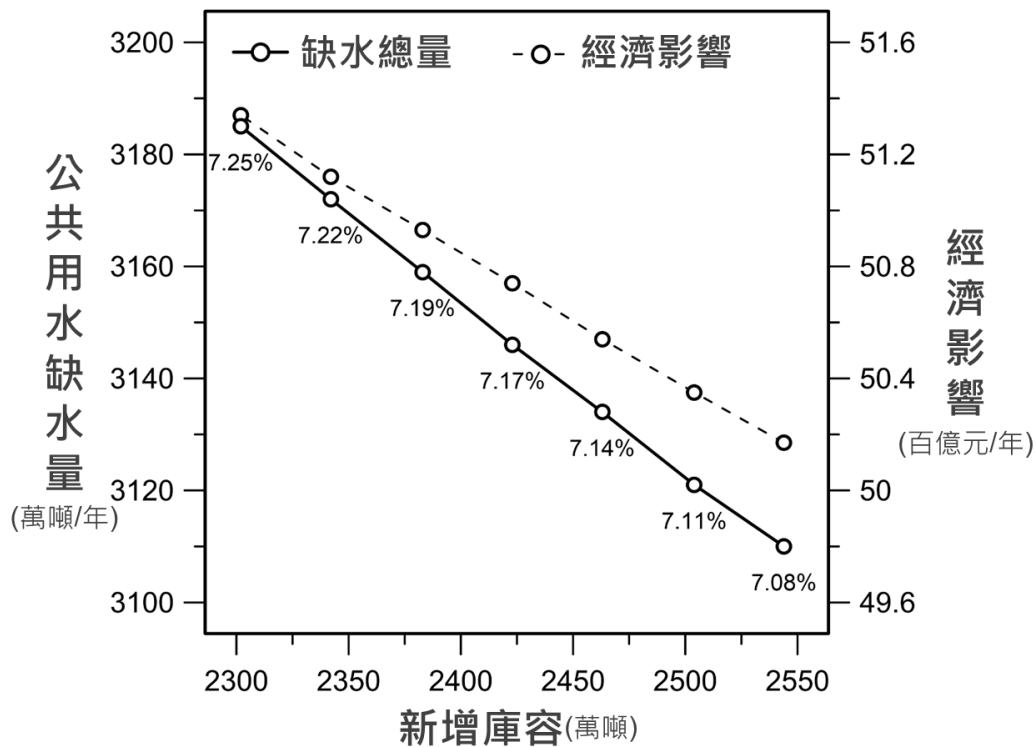


圖 4-5 新增庫容因子之敏感分析結果

新增庫容敏感分析結果顯示：相較於基準案例，當新增庫容有增加情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響則隨之減少；反之當新增庫容有減少情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響則隨之增加。在增加蓄水量最低情況(2,302 萬噸)下，其公共用水缺水量約為 3,185 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 51.34 百億元/年；在新增庫容最高情境(2,544 萬噸)下，其公共用水缺水量約為 3,110 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 50.17 百億元/年。整體而言，當新增庫容基準值變動範圍為 $\pm 5\%$ 時，其對應之枯旱經濟影響變動約為 $\pm 1.15\%$ ，屬於相對低度敏感因子。

五、跨區供水因子(C5)之敏感分析

為探討跨區供水因子對於水源供需與經濟影響之衝擊，本計畫選用臺南高雄水源聯合運用可跨區供應臺南之 7.00 萬噸/日水源作為基準值，測試跨區供水於 6.65 至 7.35 萬噸/日區間(即基準值 $\pm 5\%$)對應之水源供需與經濟影響情況，有助於瞭解其影響程度。圖 4-6 為跨區供水敏感分析結果，圖中橫軸為跨區供水測試範圍，左側縱軸為公共用水缺水量(萬噸/年)，右側縱軸則為缺水情況所對應之經濟影響(百億元/年)，而圖中標記數字為公共用水缺水率(%)。

跨區供水敏感分析結果顯示：相較於基準案例，當跨區供水有增加情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響則隨之減少；反之當跨區供水有減少情況，公共用水缺水量與其對應之經濟影響則隨之增加。在跨區供水最低情況(6.65 萬噸/日)下，其公共用水缺水量約為 3,184 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 51.31 百億元/年；在跨區供水最高情境(7.35 萬噸/日)下，其公共用水缺水量約為 3,109 萬噸/年，而對應之經濟影響則約為 50.16 百億元/年。整體而言，當跨區供水基準值變動範圍為 $\pm 5\%$ 時，其對應之枯旱經濟影響變動約為 $\pm 1.13\%$ ，屬於相對低度敏感因子。

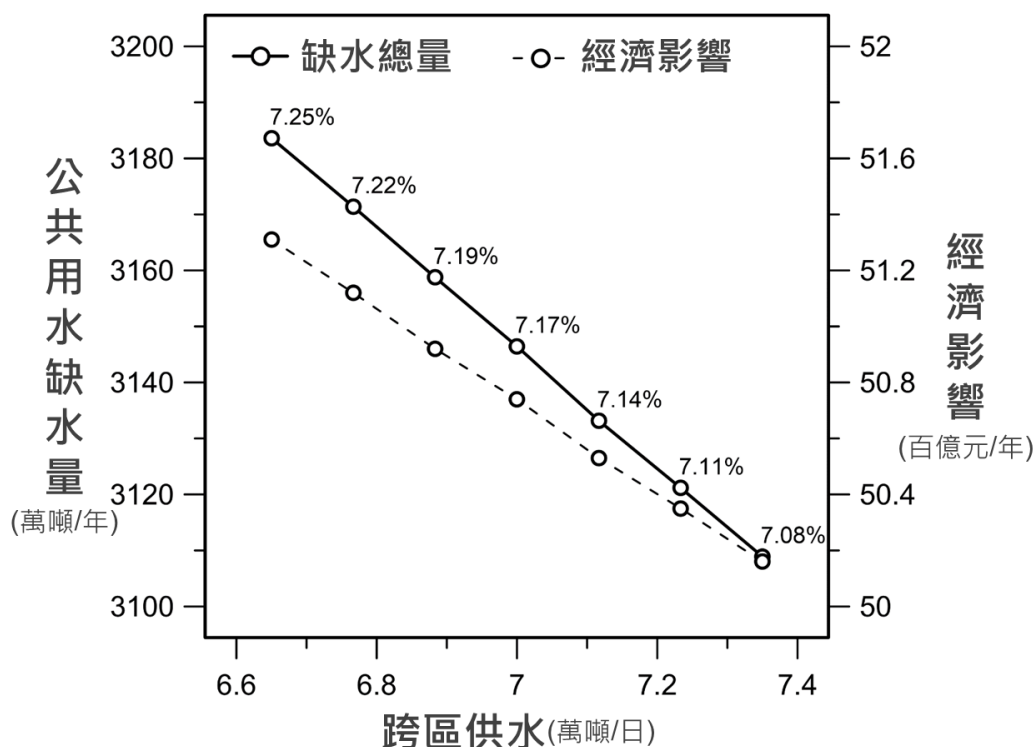


圖 4-6 跨區供水因子之敏感分析結果

六、系統動力因子之敏感分析總結

本計畫藉由不同系統動力因子對於水源供需與經濟影響之敏感分析，辨識出對水資源系統具有較顯著影響之系統動力因子，以下針對系統動力因子對公共用水缺水量與經濟影響之敏感性進行說明：

圖 4-7 為不同系統動力因子對公共用水缺水量之敏感性，圖中橫軸為系統動力因子相對於基準案例之調整幅度(±5%)，左側縱軸為公共用水缺水量(萬噸/年)，右側縱軸為公共用水缺水量相對於基準案例之改變幅度。敏感分析結果顯示：需水量因子(C2)對於公共用水缺水量之衝擊最為顯著，其造成之缺水量改變幅度最大(斜率最大)，調整幅度±5%對應之缺水量改變幅度可達±6.06%；漏水率因子(C1)與再生水因子(C3)對於公共用水缺水量之衝擊屬於中度衝擊，其造成之缺水量改變幅度次大(斜率次大)，調整幅度±5%對應之缺水量改變幅度分別為±1.73 與±1.77%；新增庫容因子(C4)與跨區供水因子(C5)對於公共用水缺水量之衝擊則較不顯著，其造成之缺水量改變幅度較小(斜率較小)，調整幅度±5%對應之缺水量改變幅度皆為±1.19%。

圖 4-8 為不同系統動力因子對經濟影響之敏感性，圖中橫軸為系統動力因子相對於基準案例之調整幅度(±5%)，左側縱軸為經濟影響(百億元/年)，右側縱軸為經濟影響相對於基準案例之改變幅度。敏感分析結果顯示：需水量因子(C2)對於經濟影響之衝擊最為顯著，其造成之經濟影響改變幅度可達±5.81%；漏水率因子(C1)與再生水因子(C3)對於經濟影響之衝擊屬於中度衝擊，其造成之經濟影響改變幅度次大(斜率次大)，調整幅度±5%對應之經濟影響改變幅度分別為±1.67%與±1.70%；新增庫容因子(C4)與跨區供水因子(C5)對於經濟影響之衝擊則較不顯著，其造成之經濟影響改變幅度相對較小(斜率較小)，調整幅度±5%對應之經濟影響改變幅度分別為±1.15%與±1.13%。

整體而言，本計畫藉由不同系統動力因子對於水源供需與經濟影響之敏感分析，辨識出具有較顯著影響之系統動力因子，敏感分析結果顯示：需水量因子(C1)對於水資源系統造成之影響最為顯著，漏水率因子(C1)與再生水因子(C3)之影響屬於中度衝擊，而新增庫容因子(C4)與跨區供水因子(C5)之影響則相對較小。

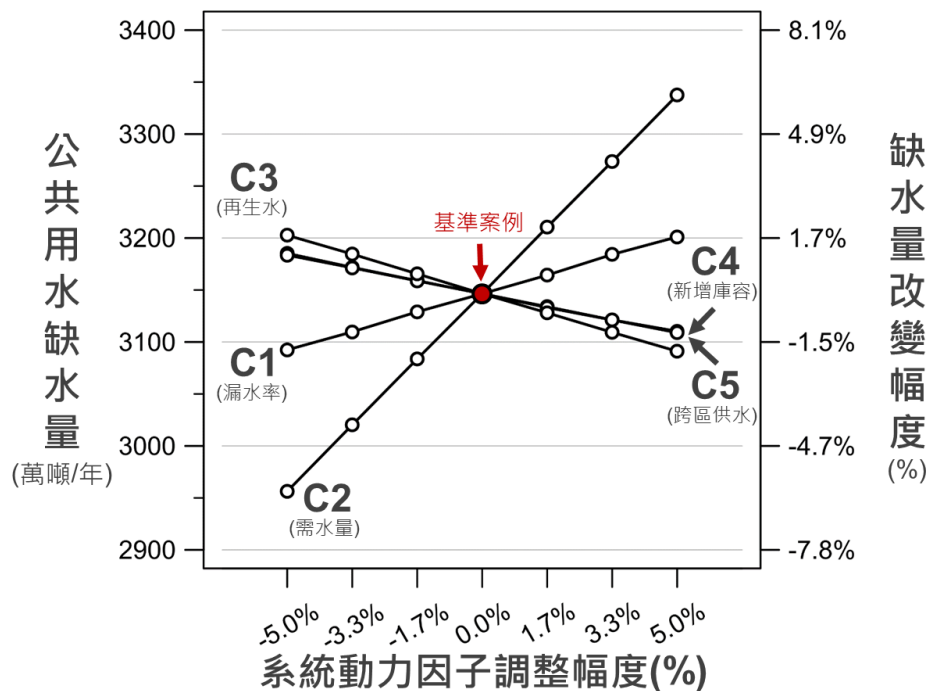


圖 4-7 不同系統動力因子對公共用水缺水量之敏感性

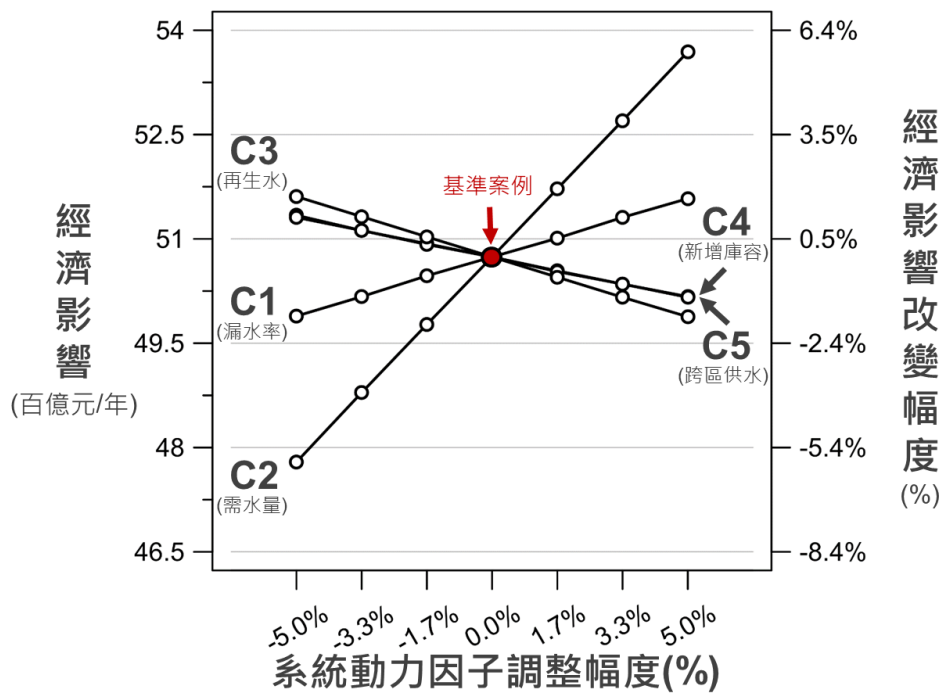


圖 4-8 不同系統動力因子對經濟影響之敏感性

第五章 水源枯旱風險調適策略組合之效益評估

藉由水資源調適策略盤點，可瞭解臺南地區未來可能推動之調適策略，進而評估策略效益並決定其優選順序，惟近年為因應極端天氣與用水需求變化，水資源政策滾動更新速度快，難以涵蓋全部調適策略之即時更新。故本計畫主要係依據水資源經理基本計畫、四大穩定供水策略以及前瞻計畫進行水資源調適策略盤點，並提出調適策略效益評估之架構，評估未來可能推動之調適策略效益，決定其優選順序以提供決策者參考。

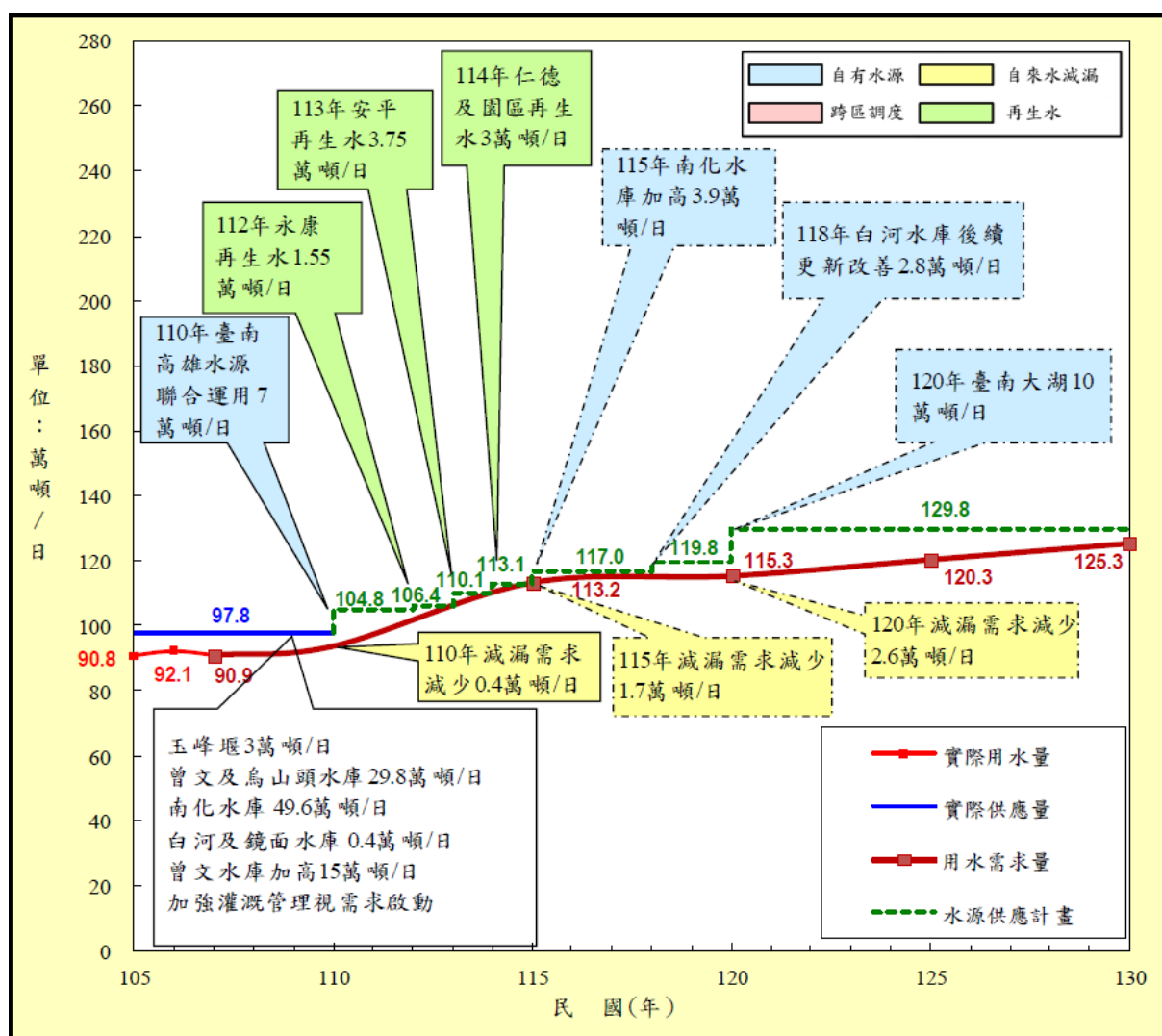
本計畫於民國 109 年 5 月 26 日召開「因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)」第 1 次工作會議，會議決議(經水綜字第 10914036340 號)參考國土計畫之設定，採用民國 125 年作為水資源調適策略之長程目標年。此外，於民國 109 年 7 月 8 日召開「因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)」期中審查會議，會議決議臺南地區水資源政策評估應採用之調適策略參考「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)之水源供需參數與調適策略。

綜合以上，為能較為完整呈現臺南可能推動之水資源調適策略，本計畫主要參考水資源經理基本計畫、四大穩定供水策略以及前瞻計畫進行全面盤點，而針對水資源政策評估應採用之調適策略則主要參考自「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)，針對其水源供需參數與調適策略進行後續水源枯旱風險分析。

一、風險調適路徑訂定

本計畫首先針對臺南地區水源供需情況進行回顧，以瞭解其供需現況(民國 107 年)與需水量未來變動情形，再藉由回顧與彙整水資源經理基本計畫、四大穩定供水策略以及前瞻計畫之水源調適策略，盤點與整理相關水資源調適策略，作為後續效益評估與精進之依據。針對臺南地區水源供需情況與調適策略說明如下：

依據「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)，臺南地區現況(民國 107 年)需水量約 90.9 萬噸/日，而公共水源供給能力約 97.8 萬噸/日，臺南地區公共給水供需圖如圖 5-1 所示。然而，考慮南部科學園區臺南園區、樹谷園區、臺南科技工業區、柳營科技工業區以及永康科技工業區之未來開發，需水量於將持續成長，臺南地區民國 125 年趨勢高成長用水需求預計為 120.3 萬噸/日，水利署為因應用水成長，提出四大穩定供水策略與抗旱措施，以確保民國 125 年用水無虞。



圖片來源：「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)

圖 5-1 臺南地區公共給水供需圖

本計畫參考「臺灣南部區域水資源經理基本計畫」(經濟部水利署，民國 106 年)、「產業穩定供水策略行動方案」(經濟部，民國 107 年)、前瞻基礎建設計畫以及「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)等相關水資源計畫，盤點與彙整(表 5-1)計畫區域內未來可能上場或推動之水源措施，以瞭解水源供需情勢與用水組成並作為「開源、節流、調度以及備援」四大穩定供水策略之依據。針對臺南地區四大穩定供水策略詳細說明如下：

(一)開源策略

1、短期計畫

民國 110 年臺南高雄水源聯合運用等計畫完成後，預計可增加臺南供水能力為 7 萬噸/日。

2、中期計畫

再生水計畫預定完成期程為：民國 112 年完成永康(1.55 萬噸/日)、民國 113 年完成安平(3.75 萬噸/日)以及民國 114 年完成仁德及園區(3 萬噸/日)，共計可增加供水能力為 8.3 萬噸/日。預定完成白河水庫後續更新改善工程恢復其庫容至 2,000 萬噸並增加供水量 2.8 萬噸/日。

3、長期計畫

規劃廢污水回收再生利用與海水淡化廠一期(10 萬噸/日)與二期(10 萬噸/日)等，以因應產業用水與公共給水需求。此外，後掘仔壩(17 萬噸/日)亦將持續檢討並適時推動。

(二)節流策略

1、短期計畫

降低自來水漏水率：台水公司降低漏水率計畫(民國 102 至 111 年)預定將臺南地區(六區處)漏水率降至 8.9%。

加強農業用水效率：辦理多標的水庫灌溉節水，推動第一期稻作轉作、圳路更新改善、推廣管路灌溉與加強推廣掌水工制度。

加強工業節水回收：加強辦理廠內水循環利用，以提升用水回

收率。

2、中期計畫

降低自來水漏水率：台水公司後續降低漏水率計畫(民國 112 至 120 年)預定進一步將臺南地區(六區處)漏水率降至 6.84%。

提升農業用水效率：由行政院農業委員會研提實施計畫(或方案)報院核定，落實推動「灌溉圳路更新改善」、「對地綠色環境給付及大糧倉計畫」及「水利會平時加強灌溉管理支援水量」等措施。

鼓勵工業優先使用再生水及提升回收率：於用水計畫審查階段，要求開發單位加強辦理廠內水循環利用(例如：台積公司每滴水使用 3.5 次以上，回收率約達 90%)，並以用水回收率由民國 105 年約 70%至民國 120 年達 80%為目標。推動污水回收再利用，作為工業用水補充水源。

3、長期計畫

雨水貯留與再生水：新建築配合建築技術規則修訂，檢討擴大雨水貯留利用與生活雜排水回收再利用之適用範圍。

加強灌溉用水管理：配合區域調水、大區輪灌，減少灌溉水深、延長輪距等措施、豐水期蓄滿埤塘調節用水，並儘量利用迴歸水，提高灌溉效率。

加強用水計畫書審查與查核機制：由於南部區域部分新水源開發計畫(如曾文水庫越域引水)推動受阻，爰以該水源開發計畫為供水基礎所核定之工業用水計畫如按其用水期程成長，將會造成整體供水穩定度降低，故需採行「以供定需」，導正水資源供需失衡問題。爰新增之工業用水需求，須配合各區可供應水量之限制，並非開發單位所提出之用水需求均能獲得供水單位同意供水。至於已核定之用水計畫亦須持續辦理追蹤查核工作，以利現有水源之有效利用。另開發單位興辦開發行為位於水源供應短缺之虞地區，且用水計畫之計畫用水量達每日三千噸以上者，應依中央主管機關核定之用水計畫，使用一定比率之系

統再生水。

耗水費徵收：水利法修正有關耗水費徵收之規定已於民國 105 年 5 月 25 日公布實施，中央主管機關得向用水超過一定水量之用水人徵收耗水費。但已落實執行節約用水措施者，得於百分之六十範圍內，酌予減徵，以鼓勵節約用水；本項新規定應可於不影響民生原則下，提升用水效率。

推廣掌水工制度或建置智慧水門控制系統：由行政院農業委員會依據各地區農田水利會灌區特性，推廣掌水工制度或智慧水門控制系統，提升灌溉用水效率。

(三)調度策略

1、短期計畫

盤點重要大型工業區規劃增加複線：盤點南科臺南重大工業區供水管網與安全。

強化輸水幹管計畫：依據「自來水設備檢驗辦法」第六條之一，經濟部業以民國 106 年 7 月 18 日經授水字第 10620207680 號公告「與公共安全及供水風險影響重大之自來水設備項目」，經台水公司盤點轄內符合管徑大於 800 mm、送水量 20 萬噸/日以上且管齡超過 20 年者共計 15 條管線，長度約 132 公里，該公司並將於民國 107 年 2 月前研訂安全評估計畫，報國營事業主管機關轉中央水利主管機關備查後實施。

2、中期計畫

增加調度彈性：強化臺南地區曾文與南化水庫供水調度彈性，已於前瞻基礎建設計畫-水環境建設項下，規劃興建曾文南化聯通管，增加調度輸水能力 80 萬噸/日。

檢討農業用水調度機制：配合各項農業用水效率提升，檢討調度農業節約水量調度轉供其他標的用水之可行機制(含法規檢討修正)。

3、長期計畫

淨水場緊急備用電源：自來水淨水場檢討增設緊急備用發電機或規劃第二供電迴路因應。

因應氣候異常水資源調配：中央災害應變中心統籌各地方政府及各部會災害緊急應變中心(小組)妥善處理。此外，視水情狀況機動邀集相關水源設施管理單位及用水單位，研商最佳水資源運用調配方案及供水策略。

(四)備源策略

1、短期計畫

為強化供水韌性與輸水能力，預定於民國 108 年底前完成新烏山嶺隧道工程，於原使用超過 85 年之烏山嶺隧道受損或歲修時，可提供備援輸水能力 400 萬噸/日。

2、中期計畫

為提升臺南地區供水調度備援功能，穩定民生與產業供水，預定於民國 112 年完成山上淨水場改善工程，提升淨水場處理能力 5 萬噸/日，可直接提供臺南科學園區達飲用水水質標準之自來水，原山上淨水場處理後之水量無須再經由潭頂淨水場二次處理，可增加臺南地區淨水場整體之處理能力。

表 5-1 四大穩定供水策略彙整表(1/5)

策略	項次	工作項目	期程 (民國)	效益	具體措施	主辦	協(督)辦
開源策略	1	臺南高雄水源聯合運用	102 至 110	增加供水能力 10 萬噸/日 (北送 7 萬噸；南送 3 萬噸)	坪頂淨水場改善 嶺口場至鳳山厝之送水工程 大泉淨水場暨下游輸水工程	台水公司	水利署
	2	再生水工程	112 至 114	增加供水能力 8.3 萬噸/日	永康(1.55 萬噸/日)、安平(3.75 萬噸/日) 以及仁德(3.00 萬噸/日)	臺南 市政府	營建署 科技部 工業局 水利署
	3	南化水庫加高	115	增加供水能力 3.9 萬噸日	南化水庫加高 1.8 公尺可增加蓄水量 約 950 萬噸	南水局	水利署
	4	白河水庫後續更新改善	111 至 118	公共給水 2.8 萬噸/日	第一階段(民國 108 年至 112 年)繞庫防 淤設施；第二階段(民國 112 年至 116 年) 越域引水。 第一階段(民國 108 年至 111 年)水庫清 淤 250 萬立方公尺；第二階段(民國 112 年至 118 年)清淤 800 萬立方公尺	南水局 嘉南 水利會	水利署
	5	臺南大湖	120	增加供水能力 10 萬噸/日	有效庫容 1,500 萬噸	南水局	水利署
	6	後掘仔壩	-	增加供水能力 17 萬噸/日 (排砂 272 萬立方公尺/年) (水力發電約 6,100 仟瓦)	水庫工程 (大壩、排砂設施及水力電廠) 潛壩及防淤隧道	水規所	水利署

表 5-1 四大穩定供水策略彙整表(2/5)

策略	項次	工作項目	期程 (民國)	效益	具體措施	主辦	協(督)辦
節流策略	1	降低漏水率計畫	102 至 111	臺南地區(六區處) 漏水率降至 8.90%	以「水壓管理」、「修漏之速度及品質」、「主動漏水控制」、「管線及資產管理」等 4 大執行策略，辦理降低供水損失相關作業。	台水公司	國營會
	2	降低漏水率計畫	112 至 120	臺南地區(六區處) 漏水率降至 6.84%	台水公司提報「降低漏水率計畫(民國 112 年至 120 年)」，降低供水損失。	台水公司	國營會
	3	加強用水查核	107 至 120	用水計畫案件 實際用水量查核	用水查核：依據用水計畫審核管理辦法以會議檢討、現地查訪等方式逐年進行年度實際用水量查核，以確保開發單位核配水量符合需求及是否確實執行節水承諾。	水利署	
	4	提升農業用水效率 (包含掌水工)	107 至 120	民國 120 年預期 農業節水 8 億噸/年	對地綠色環境給付及大糧倉計畫節水每年 2.4 億噸；灌溉圳路更新改善節水 1.7 億噸；大區輪灌措施節水 0.8 億噸；其他智慧水閘門、省水管路及溫網室節水 0.8 億噸；平時加強灌溉管理支援水量 2.3 億噸	農委會	水利會

表 5-1 四大穩定供水策略彙整表(3/5)

策略	項次	工作項目	期程 (民國)	效益	具體措施	主辦	協(督)辦	
節 流 策 略	5	鼓勵工業 用水循環利用	107 至 110	每年輔導 125 案 (工業局 50 案) (科技部 15 案) (水利署 60 案) 4 年共計輔導 500 案	針對產業用水大戶，依產業型態不同，提供水回收技術、綠色工廠、清潔生產與水足跡等其所需項目的專業技術輔導，並研擬其水平衡圖及提出相關改善計畫，給予大用水戶專業與務實之協助與建議，促成廠商實質採取節水改善措施。	水利署		
					針對本局所轄區內廠商提供節水輔導，包含製程單元用水、冷卻用水、鍋爐用水等循環回收與再利用及廢水處理回收等之節水可行性計畫，提升產業用水效率。			工業局
					每年辦理 15 家廠商節水輔導，並提供具體節水措施建議，以提升製程用水回收率。			科技部
			111 至 120	每年輔導 65 案 (工業局 50 案) (科技部 15 案) 10 年共計輔導 650 案	針對本局所轄區內廠商提供節水輔導，包含製程單元用水、冷卻用水、鍋爐用水等循環回收與再利用及廢水處理回收等之節水可行性計畫，提升產業用水效率。	工業局		
					每年辦理 15 家廠商節水輔導，並提供具體節水措施建議，以提升製程用水回收率。	科技部		

表 5-1 四大穩定供水策略彙整表(4/5)

策略	項次	工作項目	期程 (民國)	效益	具體措施	主辦	協(督)辦
節流策略	6	工業用水 優先使用再生水 提升回收率 (用水計畫補提)	107 至 120	用水計畫審查作業時 要求開發單位提出	於用水計畫審查階段，依產業特性及區域水源狀況要求開發單位承諾整體用水回收率及承諾使用再生水，透過逐年實際用水量查核機制，達到節約用水目的。	水利署	工業局 科技部
調度策略	1	強化 輸水幹管計畫	107	盤點與強化 自來水輸水管線安全	於 107 年 2 月底就轄內符合「與公共安全及供水風險影響重大之自來水設備項目」，共 15 條老舊及重要管線，總長度約為 132 公里，研訂安全評估計畫，報國營事業主管機關轉中央水利主管機關備查後實施。	台水公司	國營會 水利署
	2	曾文南化 聯通管	108 至 113	備援輸水能力 80 萬噸/日	輸水管路約 25 公里	南水局	水利署 台水公司
	3	曾文淨水場 擴建工程	107 至 112	增加淨水能力 13 萬噸/日	淨水場擴建工程	台水公司	南科 管理局
	4	檢討農業用水 調度機制	-	現行農業用水 調度機制之策進	檢討加強灌溉管理、擴大鼓勵自主休耕及停灌補償措施精進作法	農委會、水利署	

表 5-1 四大穩定供水策略彙整表(5/5)

策略	項次	工作項目	期程 (民國)	效益	具體措施	主辦	協(督)辦
備援策略	1	新烏山嶺隧道	109	避免原隧道損壞斷水 輸水能力 56 cms	新東口攔河堰 排砂道、放水道及取水口 輸水隧道及出水口	嘉南 水利會	水利署
	2	山上淨水場 改善工程	112	增加淨水能力 5 萬噸/日	山上淨水場改善工程 送水管線工程(約 13.5 公里)	台水公司	水利署

二、風險調適策略之效益評估

由上述調適策略盤點結果可知臺南地區未來之水資源風險調適路徑(圖 5-1)，而本計畫主要係由供水效益或經濟效益角度切入，著重於檢討各個調適策略之效益，以提供調適策略之優選順序決策參考。

本計畫基於氣候變遷下可能水文情境資料(梅雨與颱風雨之偏少、延遲以及正常)進行水源供需影響分析與經濟影響分析，並探討調適策略假如無法順利推動或無法上場時對應之枯旱經濟影響，以作為其效益評估(優選順序決策)之依據。效益評估主要精神係藉由分析不同調適策略無法順利推動或無法上場之供需影響或經濟影響增加情況，以瞭解該調適策略之效益高低。一旦高效益調適策略無法上場，其對應之供需影響或經濟影響增加情況亦愈高。以下分別針對調適策略組合與其對應之供需分析與經濟分析進行說明：

(一)調適策略組合說明

依據水資源調適策略盤點結果，本計畫設定 7 種不同調適策略組合(表 5-2)進行對應之水源供需影響分析，針對各個調適策略組合說明如下：

表 5-2 臺南地區之水資源調適策略組合

水資源調適策略	效益說明	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
臺南高雄水源聯合運用	供應+7.0 萬噸/日		X					
降低漏水率計畫	需求+4.7 萬噸/日			X				
再生水(仁德、永康、安平)	供應+8.3 萬噸/日				X			
南化水庫加高工程	供應+3.9 萬噸/日					X		
白河水庫後續更新改善	供應+2.8 萬噸/日						X	
臺南大湖工程	供應+10.0 萬噸/日							X

註：X 表示該項調適策略無法順利推動或無法順利上場。

1、調適策略組合 S1(全部調適策略皆順利推動)

臺南地區全部之水資源調適策略均順利上場，包含：臺南高雄水源聯合運用、降低漏水率計畫、再生水、南化水庫加高、白河水庫後續更新改善以及臺南大湖，全部共計 6 項調適策略。

2、調適策略組合 S2

臺南高雄水源聯合運用無法順利推動或無法上場，其餘調適策略皆順利上場，導致高雄地區水源無法支援臺南地區，臺南地區整體水源量減少 7 萬噸/日。

3、調適策略組合 S3

降低漏水率計畫無法順利推動或無法上場，其餘調適策略皆順利上場，導致臺南地區(六區處)漏水率無法達成設定目標 6.84%，臺南地區整體需水量增加 4.7 萬噸/日。

4、調適策略組合 S4

再生水無法順利推動或無法上場，其餘調適策略皆順利上場，導致臺南地區之穩定水源量減少 8.3 萬噸/日。其中，永康再生水之水源量為 1.55 萬噸/日，安平再生水之水源量為 3.75 萬噸/日，而仁德及園區再生水之水源量為 3 萬噸/日。

5、調適策略組合 S5

南化水庫加高無法順利推動或無法上場，其餘調適策略皆順利上場，導致南化水庫有效蓄水量無法提升，臺南地區整體水源量減少 3.9 萬噸/日。

6、調適策略組合 S6

白河水庫後續更新改善無法順利推動或無法上場，其餘調適策略皆順利上場，導致白河水庫淤積嚴重而逐漸喪失其水源供應能力，臺南地區整體水源量減少 2.8 萬噸/日。

7、調適策略組合 S7

臺南大湖無法順利推動或無法上場，其餘調適策略皆順利上場，導致豐水期水量未能再加以充分利用，臺南地區整體水源量減少 10 萬噸/日。

(二)調適策略組合之供需影響分析

本年度計畫目的在於評估不同調適策略組合下枯旱事件對於各產業造成之經濟影響，故需先針對不同調適策略組合下進行供需影響分析，再透過經濟分析方法將各產業之供需影響轉換成為各產

業之經濟影響。然後，依據可能水文情境之發生機率，可推算各個調適策略組合對應之公共用水供需影響加權平均(期望供需影響)，以作為後續調適策略優選順序決策參考，而加權平均之推算係給予發生機率較高之氣候變遷下可能水文情境較高之權重，而發生機率較低之氣候變遷下可能水文情境則給予較低之權重。

表 5-3 為臺南地區採用不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響(缺水率)，表格內分析結果包含 7 種調適策略組合與 9 種可能水文情境，共計 63 筆供需影響資料。

首先，本計畫以調適策略全部上場之組合(S1)為基準，探討水文情境發生機率與其對應供需影響之關係，其分析結果顯示：若調適策略全部皆能順利上場(S1)，公共用水在氣候變遷下可能水文情境「梅雨偏少+颱風偏少」(H1)對應之供需影響 15.4%最高，其情境發生機率則僅為 8.2%；而氣候變遷下可能水文情境「梅雨延遲+颱風偏少」(H4)對應之供需影響 13.1%則為次高，其情境發生機率僅為 3.7%。由於臺南地區主要水源係仰賴梅雨與颱風，故「梅雨偏少+颱風偏少」(H1)與「梅雨延遲+颱風偏少」(H4)兩種氣候變遷下可能水文情境均造成較高之公共用水供需影響，其屬於較為極端枯旱之水文條件，但兩種極端枯旱水文條件之發生機率僅介於 3.7%至 8.2%。

以氣候變遷下可能水文情境之發生機率而言，「梅雨正常+颱風正常」(H9)、「梅雨偏少+颱風正常」(H3)、以及「梅雨正常+颱風偏少」(H7)之發生機率較高，分別為 31.6%、19.8%以及 13.2%，但相較於極端枯旱水文條件此三種水文情境之對應供需影響卻較低，僅介於 5.7%至 7.1%，其供需影響均小於缺水指數(SI=1.0)所對應之設計容忍缺水率(平均年缺水率 10.0%)。

整體而言，RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響分析結果顯示：極端枯旱水文條件雖可造成相當高之公共用水供需影響(13.1%至 15.4%)，但其發生機率較低(3.7%至 8.2%)；而發生機率較高之氣候變遷下可能水文情境(13.2%至 31.6%)，其對應公共用

水供需影響則較低(5.7%至 7.1%)。

表 5-3 不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響

情境編號	情境說明	發生機率	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	15.4	18.9	17.1	19.2	17.0	16.1	18.8
H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	4.0	5.3	5.0	6.4	5.2	4.3	5.4
H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	7.1	9.2	8.3	9.7	8.3	7.6	8.8
H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	13.1	15.6	14.6	16.4	14.6	13.7	15.7
H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	3.5	4.7	4.3	5.5	4.5	3.8	4.4
H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	5.0	6.5	6.1	7.4	6.2	5.4	6.3
H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	6.9	8.6	8.0	9.3	7.9	7.3	8.4
H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	7.6	10.4	9.0	10.7	9.2	8.3	10.1
H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	5.7	7.5	6.8	8.1	6.9	6.1	7.2
期望缺水率			7.2 (-)	9.2 (+2.0)	8.3 (+1.2)	9.8 (+2.7)	8.4 (+1.2)	7.7 (+0.5)	8.9 (+1.8)

註：¹單位為%；²括號內數字為相較於調適策略組合 S1 之增加供需影響(缺水率)。

表 5-4 為臺南地區採用不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之供需影響(缺水率)，表格內分析結果包含 7 種調適策略組合與 9 種可能水文情境，共計 63 筆供需影響資料。

首先，本計畫以調適策略全部上場之組合(S1)為基準，探討水文情境發生機率與其對應供需影響之關係，其分析結果顯示：若調適策略全部皆能順利上場(S1)，公共用水在氣候變遷下可能水文情境「梅雨偏少+颱風偏少」(H1)對應之供需影響 15.3%最高，其情境發生機率則僅為 7.4%；而氣候變遷下可能水文情境「梅雨延遲+颱風偏少」(H4)對應之供需影響 13.0%則為次高，其情境發生機率僅為 3.9%。由於臺南地區主要水源係仰賴梅雨與颱風，故「梅雨偏少+颱風偏少」(H1)與「梅雨延遲+颱風偏少」(H4)兩種氣候變遷下可能水文情境均造成較高之公共用水供需影響，其屬於較為極端枯旱之水文條件，但兩種極端枯旱水文條件之發生機率僅介於 3.9%至 7.4%。

以氣候變遷下可能水文情境之發生機率而言，「梅雨正常+颱

風正常」(H9)、「梅雨偏少+颱風正常」(H3)、以及「梅雨正常+颱風偏少」(H7)之發生機率較高，分別為 32.9%、18.9%以及 12.9%，但相較於極端枯旱水文條件此三種水文情境之對應供需影響卻較低，僅介於 5.6%至 7.1%，其供需影響均小於缺水指數(SI=1.0)所對應之設計容忍缺水率(平均年缺水率 10.0%)。

整體而言，RCP8.5 情境下可能水文情境之供需影響分析結果顯示：極端枯旱水文條件雖可造成相當高之公共用水供需影響(13.0%至 15.3%)，但其發生機率較低(3.9%至 7.4%)；而發生機率較高之氣候變遷下可能水文情境(12.9%至 32.9%)，其對應公共用水供需影響則較低(5.6%至 7.1%)。

表 5-4 不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之供需影響

情境編號	情境說明	發生機率	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	15.3	18.8	17.0	19.1	16.9	16.0	18.7
H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	4.0	5.3	5.0	6.4	5.2	4.3	5.4
H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	7.1	9.2	8.2	9.7	8.2	7.6	8.8
H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	13.0	15.5	14.5	16.3	14.5	13.6	15.6
H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	3.5	4.7	4.3	5.5	4.5	3.8	4.4
H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	4.9	6.4	6.0	7.3	6.1	5.3	6.2
H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	6.7	8.4	7.8	9.1	7.7	7.2	8.1
H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	7.4	10.2	8.8	10.6	9.1	8.1	9.9
H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	5.6	7.4	6.7	8.1	6.8	6.1	7.1
期望缺水率			7.0 (-)	9.0 (+2.0)	8.2 (+1.2)	9.6 (+2.6)	8.2 (+1.2)	7.5 (+0.5)	8.7 (+1.7)

註：¹單位為%；²括號內數字為相較於調適策略組合 S1 之增加供需影響(缺水率)。

針對上述此種不確定性下之調適策略決策問題，本計畫參考決策理論中期望值準則(expected value criterion)，整合機率概念進行水源枯旱風險之計算，提供決策者合理且客觀之量化風險值，以作為後續水資源政策優選順序推動參考。藉由綜合考慮公共用水供需影響與氣候變遷下可能水文情境之發生機率，將水源枯旱風險定義

為供需影響或經濟影響之期望值³：

$$\text{水源枯旱風險} = \sum_{i=1}^N \text{枯旱影響}_i \times \text{水文情境發生機率}_i \quad (5-1)$$

其中， i 為水文情境之編號，而 N 則為水文情境之總數量。

透過比較不同調適策略組合之期望供需影響，探討調適策略之效益高低，高效益調適策略若無法上場，其對應之供需影響增加情況亦愈高。

針對不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響(表 5-3)，本計畫選擇水源量相對充沛之調適策略組合(S1)作為基準，探討其餘調適策略組合之期望供需影響增加情況，以瞭解不同調適策略之供需影響效益，分析結果指出：期望供需影響增加較多之組合為 S4 (+2.7%) 與 S2 (+2.0%)，其次為 S7 (+1.8%)，而增加較少之組合則為 S3 (+1.2%)、S5 (+1.2%) 以及 S6 (+0.5%)。整體而言，調適策略之供需影響效益分析結果指出：再生水(S4)與臺南高雄水源聯合運用(S2)有較高之供需影響效益，而供需影響效益次高之策略則為臺南大湖(S7)，以上調適策略若能順利推動，每個策略皆可減緩公共用水供需影響約 1.8% 至 2.7%。

針對不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之供需影響(表 5-4)，本計畫選擇水源量相對充沛之調適策略組合(S1)作為基準，探討其餘調適策略組合之期望供需影響增加情況，以瞭解不同調適策略之供需影響效益，分析結果指出：期望供需影響增加較多之組合為 S4 (+2.6%) 與 S2 (+2.0%)，其次為 S7 (+1.7%)，而增加較少之組合則為 S3 (+1.2%)、S5 (+1.2%) 以及 S6 (+0.5%)。整體而言，調適策略之供需影響效益分析結果指出：再生水(S4)與臺南高雄水源聯合運用(S2)有較高之供需影響效益，而供需影響效益次高之策略則為臺南大湖(S7)，以上調適策略若能順利推動，每個策略皆可減緩公共用水供需影響約 1.7% 至 2.6%。

³第一年度計畫於水源枯旱風險定義上係先採用供需影響(缺水率)之期望值，第二年度計畫則增加採用經濟影響之期望值來量化水源枯旱風險。

(三)調適策略組合之經濟影響分析

本計畫藉由經濟分析方法可將上述供需影響轉換為經濟影響，以評估各種調適策略組合對應之枯旱經濟影響，作為調適策略優選順序政策評估之依據。而枯旱可能造成之經濟影響係先藉由民國 107 年農業、工業與服務業之各產業單位用水產值來估算枯旱造成之直接經濟損失，再配合區域投入產出表量化枯旱造成之間接經濟影響，以綜合考慮枯旱造成之直接與間接衝擊：

$$\text{枯旱經濟影響} = \text{直接損失} + \text{間接影響} \quad (5-2)$$

其中，直接損失為枯旱對於各個產業(產值)造成之直接經濟衝擊，而間接影響則為考慮枯旱產值衝擊對於其他產業或區域所造成之間接經濟影響。

針對直接經濟損失之部分，各個氣候變遷情境(RCP4.5 與 RCP8.5)下分析項目皆包含 7 種調適策略組合與 9 種可能水文情境，共計 63 筆供需影響資料，故需先評估此 63 筆供需影響資料下各部門用水減少會造成多少直接經濟損失，而各部門一整年內用水減少之直接經濟損失主要係依據各部門全年用水減少與每公噸用水之產業價值來加以推估(詳細分析數據請參考附錄六)。其中，本計畫於經濟分析採用兩種設定：(1)假設缺水造成之主要損失在臺南地區，而工業部門直接經濟衝擊參數係採臺南單位用水價值(情境一：臺南地區)與(2)假設缺水造成之主要損失在南科地區，而工業部門直接經濟衝擊參數則改採南科單位用水價值(情境二：南科地區)。

為瞭解直接經濟損失對於不同部門與區域造成之後續影響，本計畫進一步探討各個氣候變遷情境(RCP4.5 與 RCP8.5)與調適策略組合下各部門缺水量對於臺灣總產出損失以及 GDP 影響效果，而總產出效果與總 GDP 效果⁴占全國比率係分別以民國 107 年國民所得統計之全國生產總額 40 兆 7,505.88 億元與生產毛額 18 兆 3,428.91 億元計算。以下針對 RCP4.5 情境下枯旱經濟影響分析結

⁴總 GDP 效果採廣義定義，包括：勞動報酬、經營盈餘、資本消耗、間接稅淨額。

果進行說明：

情境一(臺南地區)分析結果顯示：RCP4.5 情境下 63 種供需影響情況對於臺灣總產出減少約 29.46 至 161.32 百億元，GDP 減少 5.77 至 31.40 百億元；而情境二(南科地區)假設工業部門缺水主要發生在南科，對於臺灣總產出減少約 36.46 至 200.11 百億元，GDP 減少 6.83 至 37.28 百億元。RCP4.5 與 RCP8.5 情境下完整之枯旱經濟影響分析數據請參考附錄六。

當臺南發生缺水情況，對於臺南地區之產業影響確實較嚴重，情境一(臺南地區)分析結果顯示：農業損失為 1.52 至 7.10 百億元，工業部門損失 14.48 至 79.98 百億元，服務業部門損失 4.05 至 22.40 百億元。而情境一(臺南地區)對於其他地區農業部門影響則主要係以中部影響較大，中部農業產值約減少 0.99 至 5.43 百億元，北區農業產值則約減少 0.61 至 3.35 百億元；而情境一(臺南地區)對於其他地區工業部門影響主要係北部地區與中部地區影響較明顯，分別誘發北部工業損失 0.96 至 5.3 百億元與中部地區工業產值減少 1.15 至 6.33 百億元；而情境一(臺南地區)對於其他地區服務業部門損失則為其他南部地區影響較明顯，誘發其他南部地區服務業產值減少 0.2 至 1.08 百億元。此外，本計畫將家計部門內生化，以瞭解枯旱風險對家計部門造成之影響，分析結果顯示：RCP4.5 情境下 63 種供需影響情況對於家計部門的消費減少 2.48 至 13.69 百億元

情境二(南科地區)分析結果顯示：臺南地區之農業損失為 1.62 至 7.63 百億元，工業部門損失為 18.59 至 102.71 百億元，服務業部門損失為 4.34 至 24.02 百億元。而情境二(南科地區)對於其他地區農業部門影響主要係以中部影響較大，中部農業產值約減少 1.25 至 6.9 百億元；其他地區工業部門損失主要係北部地區、中部地區以及其他南部地區影響較明顯，誘發北部工業損失約 1.23 至 6.77 百億元、中部地區工業產值減少 1.46 至 8.08 百億元以及其他南部地區工業產值減少 0.96 至 5.31 百億元；其他地區服務業部門損失主要係中部地區影響較明顯，誘發中部地區服務業產值減少 0.38

至 2.11 百億元；而對於家計部門之經濟影響，情境二的家計部門消費減少 3.12 至 17.23 百億元。RCP4.5 與 RCP8.5 情境下完整之區域部門枯旱經濟影響分析數據請參考附錄六。

為探討調適策略之效益高低(基於供需影響與經濟影響)，本計畫藉由綜合考慮公共用水供需影響與氣候變遷下可能水文情境之發生機率，將水源枯旱風險定義為供需影響或經濟影響之期望值，再透過比較不同調適策略組合之期望供需影響或期望經濟影響。針對不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之經濟影響(表 5-5)，本計畫選擇水源量相對充沛之調適策略組合(S1)作為基準，探討其餘調適策略組合之期望經濟影響增加情況，以瞭解不同調適策略之經濟影響效益，分析結果指出：期望經濟影響增加較多之組合為 S4 (+18.03 百億元/年)與 S2 (+13.73 百億元/年)，其次為 S7 (+12.09 百億元/年)，而增加較少之組合則為 S3 (+7.93 百億元/年)、S5 (+8.34 百億元/年)以及 S6 (+3.32 百億元/年)。整體而言，調適策略之經濟影響效益分析結果指出：再生水(S4)與臺南高雄水源聯合運用(S2)有較高之經濟影響效益，而經濟影響效益次高之策略則為臺南大湖(S7)，以上調適策略若能順利推動，每個策略皆可減緩經濟影響約 12.09 至 18.03 百億元/年。

針對不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之經濟影響(表 5-6)，本計畫選擇水源量相對充沛之調適策略組合(S1)作為基準，探討其餘調適策略組合之期望經濟影響增加情況，以瞭解不同調適策略之經濟影響效益，分析結果指出：期望經濟影響增加較多之組合為 S4 (+17.85 百億元/年)與 S2 (+13.51 百億元/年)，其次為 S7 (+11.80 百億元/年)，而增加較少之組合則為 S3 (+7.83 百億元/年)、S5 (+8.33 百億元/年)以及 S6 (+3.28 百億元/年)。整體而言，調適策略之經濟影響效益分析結果指出：再生水(S4)與臺南高雄水源聯合運用(S2)有較高之經濟影響效益，而經濟影響效益次高之策略則為臺南大湖(S7)，以上調適策略若能順利推動，每個策略皆可減緩經濟影響約 11.80 至 17.85 百億元/年。

表 5-5 不同調適策略組合於 RCP4.5 情境下可能水文情境之經濟影響

情境編號	情境說明	發生機率	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	108.77	132.32	120.26	134.36	119.30	113.27	131.94
H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	28.72	37.56	35.51	44.90	37.20	30.82	38.59
H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	50.89	64.76	58.61	68.49	58.58	54.04	62.18
H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	92.69	109.60	102.89	115.29	103.13	96.91	110.34
H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	24.55	33.00	30.00	38.20	31.59	26.71	31.13
H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	35.57	45.54	42.97	52.16	43.76	38.55	44.31
H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	48.86	60.66	56.18	65.42	55.88	52.03	59.47
H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	53.51	72.31	63.10	74.88	64.55	58.46	70.71
H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	40.07	52.49	47.26	56.60	47.99	43.11	50.15
期望經濟影響			50.74 (-)	64.47 (+13.73)	58.67 (+7.93)	68.77 (+18.03)	59.08 (+8.34)	54.06 (+3.32)	62.84 (+12.09)

註：¹ 基於情境二(南科地區)經濟分析成果進行策略評估；² 單位為百億元/年；³ 括號內數字為相較於調適策略組合 S1 之增加經濟影響(百億元/年)。

表 5-6 不同調適策略組合於 RCP8.5 情境下可能水文情境之經濟影響

情境編號	情境說明	發生機率	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	108.09	131.43	119.49	133.57	118.64	112.55	131.05
H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	28.71	37.61	35.51	44.94	37.18	30.77	38.57
H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	50.64	64.55	58.30	68.25	58.37	53.79	61.91
H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	92.11	109.16	102.22	114.75	102.52	96.33	109.87
H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	24.55	32.99	30.00	38.04	31.58	26.70	31.04
H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	34.96	44.95	42.24	51.39	43.14	37.90	43.53
H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	47.53	59.03	54.71	63.72	54.56	50.63	57.41
H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	52.34	71.07	61.77	73.48	63.38	57.12	69.44
H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	39.64	51.86	46.84	56.14	47.56	42.69	49.63
期望經濟影響			49.56 (-)	63.06 (+13.51)	57.39 (+7.83)	67.41 (+17.85)	57.89 (+8.33)	52.84 (+3.28)	61.35 (+11.80)

註：¹ 基於情境二(南科地區)經濟分析成果進行策略評估；² 單位為百億元/年；³ 括號內數字為相較於調適策略組合 S1 之增加經濟影響(百億元/年)。

(四)調適策略組合之綜合效益評估

基於上述分析結果可知，調適策略之影響效益(供需影響與經濟影響)主要取決於調適策略本身所能提供之水量，即供水量較大之調適策略通常亦會具有較高之影響效益。例如：臺南地區即將上

場調適策略之中，以臺南高雄水源聯合運用(S2)、再生水(S4)、以及臺南大湖(S7)之供水量較高，其分別可提供 7.0 萬噸/日、8.3 萬噸/日以及 10 萬噸/日之供水量，而這些調適策略相對來講亦有較高之供需影響效益與經濟影響效益(表 5-7)。

為能合理評估調適策略之綜合效益，本計畫將各個調適策略之工程經費納入考慮，以探討其經濟影響效益與工程經費比值，若比值效益愈高則代表每單位工程經費投入可以換取的經濟影響效益較高。經濟影響效益與工程經費比值分析結果指出(表 5-8)：臺南地區即將上場調適策略之中，以南化水庫加高工程(S5)、再生水(S4)、以及臺南高雄水源聯合運用(S2)之比值效益較高。

表 5-7 不同調適策略組合之影響效益

水資源調適策略 ¹	水量 (萬噸/日)	供需影響效益 (缺水率)	經濟影響效益 (億元)	影響效益 (排名)
S2：臺南高雄水源聯合運用	7.0	2.0	1,373.1	2
S3：降低漏水率計畫	4.7	1.2	792.9	5
S4：再生水(仁德、永康、安平)	8.3	2.7	1,802.8	1
S5：南化水庫加高工程	3.9	1.2	834.3	4
S6：白河水庫後續更新改善	2.8	0.5	332.3	6
S7：臺南大湖工程	10.0	1.8	1,209.5	3

註：¹參考自「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)；²S1 表示全部調適策略皆順利上場。

表 5-8 不同調適策略組合之經濟影響效益與工程經費比值

水資源調適策略 ¹	經濟影響效益(A) (億元)	工程經費 ² (B) (億元)	A/B	比值效益 (排名)
S2：臺南高雄水源聯合運用	1,373.1	53.4	25.7	3
S3：降低漏水率計畫	792.9	84.0	9.4	4
S4：再生水(仁德、永康、安平)	1,802.8	65.5	27.5	2
S5：南化水庫加高工程	834.3	2.0	417.1	1
S6：白河水庫後續更新改善	332.3	37.0	9.0	5
S7：臺南大湖工程	1,209.5	165.1	7.3	6

註：¹參考自「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 109 年)；²工程經費為概估結果；³108 年南部區域水資源經理計畫滾動檢討(民國 108 年 10 月)；⁴水資源永續建設成果與展望(民國 108 年 11 月)；⁵前瞻基礎建設計畫-核定本(民國 106 年 04 月)；⁶臺南大湖水資源開發可行性規劃(民國 108 年 12 月)。

為能客觀評估各個調適策略之整體效益，本計畫綜合考慮調適策略之經濟影響效益與比值效益(經濟影響效益/工程經費)，針對調適策略進行綜合評估，評估結果指出(表 5-9)：臺南地區即將上場調適策略之中，以再生水(S4)、臺南高雄水源聯合運用(S2)以及南化水庫加高工程(S5)之綜合效益較高。

表 5-9 不同調適策略組合之綜合排名

水資源調適策略 ¹	排名(A) 影響效益	排名(B) 比值效益 ²	排名(A)+排名(B) 綜合效益
S2：臺南高雄水源聯合運用	2	3	2
S3：降低漏水率計畫	5	4	4
S4：再生水(仁德、永康、安平)	1	2	1
S5：南化水庫加高工程	4	1	2
S6：白河水庫後續更新改善	6	5	6
S7：臺南大湖工程	3	6	4

註：¹參考自「109年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國109年)；²比值效益=經濟影響效益/工程經費。

第六章 枯旱風險調適精進作為之研擬與分析

針對水資源調適策略之部分，除考慮臺灣目前或規劃推動之調適策略外，本計畫亦參考國外經驗，進行枯旱風險調適精進作為之研擬與分析，期望能借鏡國際以進一步舒緩乾旱可能對臺灣造成之供需影響與經濟影響，並作為未來因應極端枯旱之調適參考。

一、國際枯旱風險調適作為

為瞭解國際上面對枯旱之調適經驗與規劃，以供臺灣未來調適參考，本計畫回顧國際上不同城市面對枯旱風險之挑戰與調適方案，並整理如表 6-1 所示。針對各個國際城市之案例詳細說明如下：

(一)水資源挑戰與調適策略：以雪梨為例

雪梨因氣候變遷與人口成長嚴重影響雪梨用水安全，故其藉由強化韌性以因應氣候變遷，例如：減少用水並尋求替代水源，同時透過洪水管理改善水道環境。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、雪梨基本資料

人口：2016 年為 211,695，2036 年預計增至 280,964，增幅約 37.2%。

地理：全球最大天然海港、城市用水仰賴藍山區域之水庫、行政面積約 25 平方公里。

挑戰：氣候變遷與人口成長嚴重影響用水安全。

策略：強化韌性以因應氣候變遷，例如：減少用水並尋求替代水源，同時透過洪水管理改善水道環境。

2、一座充滿綠意的國際城市

澳洲於 2001 至 2009 年發生的千禧年乾旱事件，在雪梨造成嚴重的水安全議題，也讓市政府更加重視其現況與未來的供水情況。在氣候變遷與人口成長的雙重影響下，其未來需水量預計將增加 30%。為此，市政府以維持 2006 年需水量作為目標，藉由讓城市保持綠意且可降溫，打造防旱(drought-proof)城市。

在中央政府的協助下，雪梨市政府於 2010 年啟動水敏城市計畫。“我們應該讓城市維持綠意並具有降溫能力，以面對預期的氣候變遷衝擊。我們藉由提高用水效率並尋求替代水源，讓自來水需水量最小化。”

3、可降溫的韌性生產城市⁵

雪梨正在轉型成為水敏城市，一個可降溫的、充滿綠意的韌性生產城市。其以韌性城市為目標，其推動節約用水並提高用水效率，亦進行雨水管理改造，導入雨水花園、溼地、窪地以及汙染處理裝置等，以達成減少雨水汙染、淹水風險最小化、都市綠化與都市降溫。

其推動分散式水系統綱要計畫，以減少城市對於自來水之依賴，例如：改造耗水住宅、提高新建房屋用水效率、導入回收水於公園與建築物中、設置雨水儲留系統。此外，於 2017 年 6 月前，公園全面加裝用水監測與分析系統，以作為用水效率參考。

雪梨採用上述手段，期望於乾熱季節亦用水無虞。藉由中央與地方攜手合作，推動洪氾區管理計畫，減低洪水風險並安全地排除脆弱區域之雨水，同時確保雨水可以被回收利用。

4、案例分析：綠色廣場之洪水管理(雨水儲留)

在中央與地方政府攜手合作下，雪梨於 2013 年 6 月推動第一個洪氾區風險管理計畫，投資 1 億美金於綠色廣場排水系統建設，將住宅區、商業區以及道路之洪水排出。此外，綠色廣場內每年約有 27 萬噸雨水導至新建房屋與開放空間蓄存，藉以減低自來水使用。

5、借鏡國際

雪梨採取雙管齊下的策略(減少用水並尋求替代水源)以因應水資源挑戰。其中，減少用水主要係藉由需水量管控，以將其最小化；而尋求替代水源則係透過雨水儲留方式，建置分散式

⁵生產城市係指進行雨水回收利用之城市。

供水系統，以減低自來水使用。未來於調適策略推動建議：臺灣雖亦有進行需水量管控與雨水儲留，但對於整體水資源貢獻並未多加著墨，建議未來可盤點相關數據並說明其對於水資源之貢獻比例與未來相關規劃(例如：增加雨水儲留之貢獻比例)。

表 6-1 國際枯旱風險之挑戰與調適方案

城市名稱 (國家)	面臨挑戰	調適方案
雪梨 (澳洲)	氣候變遷與人口成長嚴重影響用水安全。	強化韌性以因應氣候變遷，例如：減少用水並尋求替代水源，同時透過洪水管理改善水道環境。
新加坡 (新加坡)	無天然水源、需水成長、水資源永續性等議題。	採用多元供水(即：新生水與海淡水)因應，並搭配需水量管理，持續投資相關科研與技術。
阿姆斯特丹 (荷蘭)	強降雨事件、重要設施韌性、水循環經濟等議題。	藉由整合型組織推動調適策略之主流化(mainstreaming)
里昂 (法國)	熱島效應、缺水事件、產業與觀光人口增加。	重新整治水環境以增加民眾福祉、天然空間以及透水面積。
哥本哈根 (丹麥)	人口增加與用水成長、氣候變遷下強降雨事件。	市區房價合理化、強化排水系統與基礎設施的防洪能力。
昆山 (中國)	地勢低窪、人口增加、用水安全與水質疑慮增加。	將城市轉化成為集水區、洪水最小化、減少城市汙染、舒緩洪災風險。
墨爾本 (澳洲)	乾旱、暴雨逕流汙染、水源供應、人口增加、未來氣候趨於更加乾熱。	確保民眾參與合作，並配合多元供水以因應用水成長。
深圳 (中國)	快速都市化、水源不足以及汙染問題。	打造海綿城市，努力減少開發的環境衝擊，並建立永續且健康的水循環系統。
珀斯 (澳洲)	水源不足、極端天氣、城市過熱以及海面上升。	推廣節水、投資雨水儲蓄利用、尋找替代水源以及導入綠色基礎設施與汙水處理。
西安 (中國)	水源不足、都市水環境劣化、快速工業化、人口成長、過度使用水資源。	確保水質與充足水源、整合都市水管理以改善水質。
開普敦 (南非)	於 2015 至 2018 期間遭遇數百年一遇的乾旱事件。	資訊揭露、節水宣導、水價政策、水法。

資料來源：本計畫整理自 City Water Stories, The International Water Association 與開普敦水服務與都市水循環報告(City of Cape Town, 2017)。

(二)水資源挑戰與調適策略：以新加坡為例

新加坡先天水資源條件不良，國土內無天然水源，考慮到需水量成長與水資源永續性等議題，其藉由發展多元供水：新生水(NEWater)與海淡水，並搭配需水量管理，持續投資相關科研與技術，以因應水資源挑戰。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、新加坡基本資料

人口：總人口約 561 萬人，而 2016 年人口成長率約 1.3%。

地理：為海島型城市國家，其行政面積約 719.1 平方公里。

挑戰：無天然水源、需水量成長、水資源永續性等議題。

策略：採用多元供水(即：新生水與海淡水)因應，並搭配需水量管理，持續投資相關科研與技術。

2、都市水資源管理

在土地的限制下，新加坡於建國之初即面臨到乾旱與水汙染等問題，促使其積極籌劃與尋求創新解決方案，並確保水源得以永續供應。目前新加坡已有強建的多元供水系統，由四種不同水源組成，包含：在地集水區水源、進口水源、新生水(優質再生水)以及海淡水。其中，新生水與海淡水因不易受到天氣變化影響，讓新加坡在水源供應上更具有韌性。

新加坡自來水完全符合世界衛生組織的飲用水標準，可直接飲用而無需額外進行過濾。其現況需水量約 163 萬噸/日，家庭用水約占比 45%，而非家庭用水則約占 55%。預估在 2060 前，需水量將成長兩倍，屆時新生水與海淡水預計將可供應整體需水量的 85%。

3、新加坡水資源策略

新加坡公用事業局(Public Utility Board, PUB)一直致力於水相關科研與技術發展，尋求高效率與低成本方法。新加坡因管理手段與相關科研技術，現已成為國際上之模範水城市。其主要策略說明如下：

(1)收集每一滴水

因國土面積較小，新加坡非常重視土地上每滴雨水，現況集水區面積約占 67%國土面積，其規劃推動分散式雨水與廢水回收系統，可增加集水區面積至 90%國土面積，並藉由嚴格管控土地利用與水環境，以避免水源汙染。

(2)廢水回收利用

對新加坡而言，廢水回收利用是最為永續與低成本之解決方案。公用事業局藉由以下作法以增加廢水回收率：(1)回收工業廢水作為非飲用水、(2)提高再生水總量、(3)鼓勵使用海水作為冷卻水以減少供水損失。

(3)增加海淡水

因新加坡四周環海，公用事業局持續投資海水淡化相關之科研技術，期望藉由降低供水成本以增加其在經濟上之可行性。

4、案例分析：新生水(NEWater)

新生水屬於優質再生水，為新加坡水資源永續策略之重要環節，其主要係應用先進薄膜技術與紫外線消毒進行廢水處理，以取得潔淨安全之飲用水。新生水目前已經通過 150,000 項科學檢測，並符合世界衛生組織標準。新生水每兩年需接受外部審查小組進行一次查核，其小組成員主要係由工程學、水化學、毒物學以及微生物學領域之國際專家組成，因其品質良好安全且優於國際標準，故均獲得高分評價。

5、借鏡國際

新加坡藉由發展多元供水(新生水與海淡水)，並搭配需水量管理，持續投資相關科研與技術，以因應水資源挑戰。此外，因新生水與海淡水因不易受到天氣變化影響，也讓新加坡在水源供應上更具有韌性。未來於調適策略推動建議：臺灣已於水資源系統導入再生水與海淡水，惟多元供水占整體供水量微乎其微，若能效仿新加坡提升多元供水占比，有助於穩定供水並提

升氣候韌性。

(三)水資源挑戰與調適策略：以阿姆斯特丹為例

阿姆斯特丹位於阿姆斯特爾河(river Amstel)河口，為地勢低窪的三角洲地區，已經與水共存超過 700 年的時間，其基因已內建處理水問題的能力。近年頻繁且劇烈的豪雨事件，加速 Amsterdam Rainproof 平台的推動與主流化⁶，並帶動重要設施韌性強化與水循環經濟議題之發展。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、阿姆斯特丹基本資料

人口：2016 年約 84 萬人，為荷蘭最大城，預估 2025 年為 90.6 萬人。

地理：行政面積約 220 平方公里，萊茵河為主要供水系統之水源。

挑戰：強降雨事件、重要設施韌性、水循環經濟等議題。

策略：藉由整合型組織推動調適策略之主流化(mainstreaming)。

2、掌握每一滴水

阿姆斯特丹位於阿姆斯特爾河(river Amstel)河口，為地勢低窪的三角洲地區，已經與水共存超過 700 年的時間，其基因已內建處理水問題的能力。地方政府委託整合型組織：水網(Waternet)，採用有效、永續以及需求導向方式進行飲用水、廢水、地面水以及洪水之綜合管理，藉由洪災風險控制、水質控制以及強健的水設施，讓阿姆斯特丹成長為安全的、有吸引力以及經濟健全的城市。

水網帶領阿姆斯特丹以創新的協作平台來面對都市各種挑戰(氣候變遷調適與水循環經濟議題)，例如：其推動 Amsterdam Rainproof 水平台以整合地方行政單位、企業以及民眾，從建築物、花園以及公共區域著手，努力提升城市韌性以面對極端降雨。

⁶主流化係於全部推動的策略或計畫中納入特定觀點，以受到普遍採用或重視。

3、河口城市的主要挑戰

(1)水平台推動與主流化

阿姆斯特丹發展一套強健的緊急控制系統，專門處理海洋、河川以及強降雨所造成的洪水問題，針對重要的公共設施提供更高防護標準，作為關鍵韌性策略。近年頻繁且劇烈的豪雨事件，加速 Amsterdam Rainproof 平台的推動與主流化，例如：水網於 2014 至 2017 年期間，透過對話、瞭解需求以及輔導方式，協助超過 60 個組織並執行超過 50 個計畫，以建立更加健全之行動網絡。

(2)發展水循環經濟

阿姆斯特丹也注意到發展水循環經濟的可能機會，期望整合跨組織方式從廢水與地面水進行回收再利用，以獲取更多能源與資源。

4、案例分析：荷蘭的獨特發明 Polderdak

Polderdak 係由許多小牆圍繞而成，可搭配遠端遙控的閘門堰，為一種可以有效蓄水的屋頂花園，而蓄存水量則可供應植物生長。Polderdak 的獨特性在於它的多種功能性：增加房屋節能 10 至 30%、提供平台以支持都市農業與增加生物多樣性、幫助城市散熱與捕捉空氣汙染物質。荷蘭於 2013 年推動 Polderdak 試驗計畫，其蓄水規模為面積 1200 平方公尺，而體積達 84 立方公尺，同時也帶動更多屋頂花園的建置。

5、借鏡國際

阿姆斯特丹藉由整合地方行政單位、企業以及民眾進行調適平台推動與主流化，並帶動屋頂花園、重要設施韌性強化以及水循環經濟議題之發展。未來於調適策略推動建議：成立跨部會單位或整合地方行政單位、企業以及民眾有助水資源調適策略之推動與主流化，配合行政法規可更有效落實調適策略。

(四)水資源挑戰與調適策略：以里昂為例

里昂地區在 2030 年前，人口預計再成長 30 萬人，隨著人口密度增加其可能面臨更多挑戰，例如：熱島效應、缺水事件(水量與水質)、產業與觀光人口增加，故地方政府啟動國土整合上位計畫，重新整治水環境以增加民眾福祉、天然空間以及透水面積，以作為氣候變遷調適策略。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、里昂基本資料

人口：2016 年居住人口約 150 萬人。

地理：都會區面積約 530 平方公里，市政府負責都市發展與服務(供水、交通以及能源等)。

挑戰：熱島效應、缺水事件(水量與水質)、產業與觀光人口增加。

策略：重新整治水環境以增加民眾福祉、天然空間以及透水面積。

2、大都會區的氣候變遷調適

里昂大都會區受益於羅訥河(Rhône River)豐沛水量與充足地下水，民眾享有乾淨且安全的水源。此外，廢水處理系統(3200 公里的污水下水道與 12 座污水處理廠)移除高汙染源，以確保環境與生態系統維持乾淨與健康。

而在降雨期間，50%逕流透過綠色基礎建設入滲至土壤，剩餘 50%逕流則匯流至污水下水道，而匯流過程約有 5 至 10%逕流會以溢流方式流至河川，其不需再額外進行污水處理。過去 10 年，里昂政府一直努力嘗試將溢流比例控制在 5%逕流以下，以增加更多入滲水量。

在 2030 年前，里昂地區人口預計再成長 30 萬人，隨著人口密度增加可能造成不透水面積增加、地下水超抽、淹水風險增加以及水環境汙染等問題。因此，地方政府於 2010 年開始啟動國土整合(Territorial Coherence)上位計畫，用以確保城市發展不致於影響環境與水資源，並嘗試推動新法規以降低區域的洪災脆弱度。此外，里昂地區為應因氣候變遷造成乾旱事件的頻

率與強度增加，積極尋求替代水源，並將城市熱島效應的減少與預防一併納入上位計畫。

3、與水共生的城市

里昂地區在整合型水資源管理上已有超過 20 年經驗，其藉由上位計畫讓城市與水共生，透過現有水資源提升城市宜居性。例如，重新整治喬納奇(Jonage)區域上游的洪泛區，以提升抗洪能力，同時具備水源供應、休閒遊憩以及溼地生態等多元功能。而城市河岸空間亦藉由重新整治，以提供民眾親水空間。

4、里昂地方政府願景

持續藉由整合水議題與都市規劃，以達到永續維持環境與生態系統品質。

5、案例分析：Porte des Alpes 園區

Porte del Alpes 園區佔地 140 公頃，區域內共計 150 間公司與 6,500 名員工(2012 年資料)，園區 90%空間開放供民眾使用，有兩座湖泊可儲存多餘雨水並可持續補注地下水，其生態多元動植物豐富，同時亦可提供民眾休閒遊憩空間。

6、借鏡國際

里昂藉由啟動國土整合上位計畫，重新整治水環境以增加民眾福祉、天然空間以及透水面積，以作為氣候變遷調適策略。其中，里昂於降雨期間 50%逕流透過綠色基礎建設入滲至土壤，剩餘 50%逕流則匯流至汙水下水道，兼顧水資源與環境保護。未來於調適策略推動建議：增加綠色基礎建設，增加入滲減少熱島效應，藉由增加入滲以強化土壤涵養水資源，可於枯旱期間轉以地下水穩定供水。

(五)水資源挑戰與調適策略：以哥本哈根為例

丹麥首都哥本哈根在人口長成的壓力下，嘗試打造更多居住空間以容納新增人口。而在水議題上的挑戰則是如何持續提供高品質飲用水，並避免氣候變遷影響民眾與產業用水；此外，哥本哈根也面臨豪大雨的威脅，2011 年 7 月豪雨事件造成約 10 億美元損失，

而未來預期會有更多嚴重豪大雨事件發生，因此推動氣候變遷調適變得更加刻不容緩。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、哥本哈根基本資料

人口：人口 60 萬人，預計於 2025 年前成長至 70 萬人。

地理：屬於海岸城市，其面積約 88.25 平方公里，包含 10 個行政區。

挑戰：人口增加與用水成長、氣候變遷下強降雨事件。

策略：市區房價合理化、強化排水系統與基礎設施的防洪能力。

2、海岸城市的主要挑戰

丹麥首都哥本哈根在氣候變遷調適上，係以創新方案與提升生活品質聞名，其目前人口約 60 萬人，預計於 2025 年前成長至 70 萬人。如何在有限土地下，打造更多居住空間以容納新增人口，並且維持合理房價，成為這個海岸城市的主要挑戰之一。

“我們需以不同角度來看待城市人口成長，挑戰如何提高舊工業區空間利用，並打造更高更密集的居住空間，同時亦需考慮氣候變遷衝擊。”

而這個海岸城市在水議題上的挑戰則是如何在人口成長壓力下，持續提供高品質飲用水，並避免氣候變遷影響民眾與產業用水。同時，哥本哈根也面臨豪大雨的威脅，2011 年 7 月豪雨事件造成約 10 億美元損失。

然而，在氣候變遷影響下，哥本哈根預期未來會有更多嚴重豪大雨事件發生，推動氣候變遷調適變得更加刻不容緩。

3、海岸城市的未來願景

哥本哈根透過跨部會合作，規劃民眾參與“共創未來”的願景，其包含達成三項主要目標：宜居城市、城市責任、優勢城市。

為因應氣候變遷帶來的挑戰，哥本哈根推動氣候調適與豪雨管理兩大專案，採用 100 年重現期作為城市防洪標準，並全

面強化基礎設施防洪能力。針對豪雨造成的洪水，而係透過匯集與延遲方式，減少洪災風險，避免其進入汙水下水道系統，而係將其直接排至海洋。

哥本哈根設定未來 20 年皆會以豪雨管理作為調適重點，以確保城市宜居性，並邀請民眾共創城市未來。

4、案例分析：Skt Kjelds 氣候韌性社區

在豪雨管理專案中，哥本哈根選擇以 Skt Kjelds 作為示範社區，並導入許多新想法至社區之中。例如：打造親水公園 Tåsinge Plads 與可直接將洪水排至海洋的溢洪道。此外，在專案推動的過程，社區民眾或單位可充分參與氣候韌性社區的推動與規劃，包含共同參與社區建築物、庭園以及開放空間的重新整修。

5、借鏡國際

為因應氣候變遷帶來的挑戰，哥本哈根推動氣候調適與豪雨管理兩大專案，透過跨部會合作，規劃民眾參與“共創未來”的願景，在專案推動的過程，社區民眾或單位可充分參與氣候韌性社區的推動與規劃，也透過重新整修讓社區受益。未來於調適策略推動建議：臺灣未來可整合洪水與水資源管理，在水資源調適策略上更加強調跨部會合作並規劃民眾或單位一同參與，打造具有水資源韌性的臺灣。

(六)水資源挑戰與調適策略：以昆山為例

昆山因地勢低窪與人口增加，民眾對於用水與水質安全之疑慮增加。昆山為解決用水與水質問題，決定將城市轉化成為集水區，同時透過洪水最小化、減少城市汙染以及舒緩洪災風險，將昆山打造成為一座海綿城市。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、昆山基本資料

人口：2000 年人口約 75 萬人，人口每年增加 9.92%(2000 至 2010 年)。

地理：位於長江三角洲，面積約 927.7 平方公里，約 23%為水體，包含 62 條河川水道與 41 座湖泊。

挑戰：地勢低窪、人口增加、用水安全與水質疑慮增加。

策略：將城市轉化成為集水區、洪水最小化、減少城市汙染、舒緩洪災風險。

2、水上之城

昆山距離上海約 50 公里遠，其與水關係密切，有超過 40 座湖泊與約莫 1000 公里的水道，而這些水道就如同城市的象徵，也是古老水鄉「周莊」的重要組成。

因地處低窪，昆山採用圍墾(polder)方式降低淹水風險，其又稱圍海造田，係指在沿江河、沿湖或沿海的區域通過修築堤壩，再將河水、湖水或海水排出，以取得可利用土地的一項工程方式。

在氣候變遷影響下，其圍墾系統可能更加脆弱易受衝擊。此外，即使多數汙水已經過收集處理，但受到集水區汙染、水循環不佳以及快速都市化等因子影響下，水質仍然逐漸劣化。

昆山約 30 至 40%水源係由湖泊供應，而其餘水源則由長江抽取，惟抽水成本相對較高。

3、海綿城市願景

政府的整體策略係將昆山打造成為一座海綿城市，其藉由雨水與汙染管理併行，收集雨水作為非飲用水，將城市轉化成為集水區以提供用水。同樣的概念也落實在圍墾系統內，將水道內的水導入公共空間的溼地進行處理，以改善水道水質。

其策略重點包含：減少汙染、舒緩下游地區洪災風險、在人口與都市持續成長的情況下確保用水安全以及減少對外部水源的依賴。

城市的天然排水路可過濾與收集雨水，並滯留洪峰量再安全的排往下游。昆山藉由整合藍色、綠色以及灰色基礎建設將此概念延伸至各個區域。藉由公私合作保護與改善其水道與水路，透過系統方法逐漸的將城市轉化成為一座智慧水城市 (water-wise city)。

4、案例分析：昆山文化廣場溼地

昆山文化藝術中心將水敏設計概念融入其建築，導入溼地系統至公共空間，展示溼地系統的維持水質功能，同時也示範如何將城市的公共空間轉化為生態系統。

5、借鏡國際

為因應人口成長與氣候變遷帶來的挑戰，昆山決定將城市轉化成為集水區，同時透過洪水最小化、減少城市汙染以及舒緩洪災風險，將城市打造成為一座海綿城市。未來於調適策略推動建議：臺灣已有海綿城市概念，未來可持續推動使其效益更加具體，將城市自身也轉化成為供水設施。

(七)水資源挑戰與調適策略：以墨爾本為例

墨爾本面對的水資源挑戰包含乾旱、暴雨逕流汙染、水源供應、人口增加以及未來氣候趨於更加乾熱，為因應這些挑戰墨爾本邀請民眾共同參與合作，推動森林都市策略，並配合多元供水加以因應用水成長。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、墨爾本基本資料

人口：整體人口約 450 萬人，而市中心人口約 128,983 人。

地理：雅拉河流經墨爾本進入菲利普海灣，其包含 32 個行政區，主要行政區面積約 37.7 平方公里。

挑戰：乾旱、暴雨逕流汙染、水源供應、人口增加、未來氣候趨於更加乾熱。

策略：確保民眾參與合作，並配合多元供水以因應用水成長。

2、乾旱事件帶來的改變

墨爾本供水系統原本被認為是非常穩定健全的，其多樹的集水區與堰壩系統，使供水成本低且非常穩定。直到千年大旱(1997 至 2009 年)期間，墨爾本才瞭解到其供水系統並不如想像中穩定。

於 1996 至 2006 年期間，因降雨不足，蓄水量緩慢且持續降低。雖已配合實施限水措施，但 2007 年 6 月蓄水量仍僅有庫

容的 25%(約為全年供水量),若無及時限水,其預估蓄水量將低於 15%。

在千年大旱的衝擊下,民眾意識到缺水嚴重性,政府透過互聯與合作方式,進行供水系統強化,同時也瞭解到水資源對於宜居性、公眾健康以及社區繁榮的重要性。

3、健康的城市與集水區

墨爾本採取知識推廣、資源共享以及民眾參與等方式,來因應氣候變遷與人口成長造成的可能問題,並同時維持城市的宜居性。在千年大旱之後,多元供水開始受到重視,包含海水淡化與雨水收集(非飲用水用途)等,而環境與經濟等議題也開始受到關注。

能夠戰勝千年大旱,歸功於民眾的節水行動,並搭配基礎設施改善(例如:自來水減漏)。藉由民眾教育與節水活動,將每人每日用水控制在 155 公升的目標值。

墨爾本透過營造公私合作氛圍,並搭配超前部署與調適策略,積極面對未來潛在的水資源管理挑戰。此外,針對未來更多嚴峻的挑戰,其導入聯合國永續發展指標與韌性策略,以面對 2051 年超過 1,00 萬的人口與氣候變遷的衝擊。

4、案例分析:墨爾本的森林都市策略

森林都市策略強調植物與綠色空間對於社會面、經濟面以及環境面的貢獻,其目的在於使得墨爾本更加綠意盎然,打造如同森林一般的城市,以增加韌性與宜居性。為實現森林都市的願景,其策略包含提供更可靠的灌溉水源供給、增加透水性與土壤含水量、將暴雨逕流應用於灌溉與補注地下水以及增加城市植物面積。受益於這些策略,城市內植物更為茂盛,而生物多樣性也有所提升,同時城市也變得更加涼爽。

5、借鏡國際

為因應乾旱、暴雨逕流汙染、水源供應、人口增加以及未來氣候趨於更加乾熱等各種挑戰,墨爾本決定將城市轉化成為一

座森林，同時透過民眾參與合作積極面對潛在的水資源管理挑戰。未來於調適策略推動建議：臺灣未來可持續推動綠色基礎設施並嘗試整合水源供應，以將其效益最大化，讓城市更綠並更有水源韌性。

(八)水資源挑戰與調適策略：以深圳為例

深圳因應快速都市化，導致水源不足與水汙染問題，故藉由推動四大水策略與行動方案加以因應，其主要目的在於打造海綿城市，努力減少開發的環境衝擊，並建立永續且健康的水循環系統。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、深圳基本資料

人口：2015 年約 1,138 萬人，2030 年預計成長至 1,800 萬人。

地理：面積約 1,997 平方公里，包含 10 個行政區，深圳河流經南部。

挑戰：快速都市化、水源不足以及汙染問題。

策略：打造海綿城市，努力減少開發的環境衝擊，並建立永續且健康的水循環系統。

2、水資源短缺的解決方案

深圳建立於 1979 年，從原本僅約 3 萬人的小城鎮，轉變成為現代化的大都會。然而，快速都市化的同時也帶來許多挑戰，包含暴雨逕流汙染、環境承载力降低以及水資源短缺(2030 年預計缺水總量可達 8.9 億噸)。

深圳在察覺到這些水議題後，隨即採取行動加以處理，導入循環經濟概念並進行跨部門合作。此外，其亦著手整備以面對未來的不確定性，藉由推動四大水策略包含：(1)保護水資源、(2)復育水環境、(3)確保用水安全以及(4)強化水環境。

為能落實這些水策略，推動「洪水控制與水環境改善行動方案(2015 至 2020 年)」，並融入海綿城市概念作為未來發展的重要項目。

3、海綿城市進行式

作為海綿城市概念的早期採用者，其將低衝擊開發(LID)的觀念帶入中國，例如：開始在新建案中導入降雨的入滲、滯留以及蓄存概念。深圳選擇光明新區作為海綿城市示範區，透過跨部門合作方式，將其水策略落實於此。同時，民眾也能透過公聽會與知識分享的形式共同參與。

光明新區於新開發案、住宅區、工業區、公園以及道路導入共計 26 項低衝擊開發工程。例如：光明新區運動中心打造綠屋頂、雨水花園以及透水鋪面，能夠留存大約 60%全年雨量；於新鋪道路導入下沉式綠色空間、透水路面、腳踏車道以及人行步道。藉由調適手段，都市排水能力得以增加，同時亦能減少逕流總量。隨著導入愈多的低衝擊開發工程，城市的調適能力也逐漸獲得全面的提升。

4、案例分析：福田河-宜居的都市生態系統

福田河位於深圳福田區，流經城市中心區域，受到快速都市化的影響，福田河發生嚴重水污染議題，同時流域內生態系統也遭到破壞。為因應水污染議題，深圳導入污水管理、廢水回收利用以及溼地淨水系統，其為確保污水能夠獲得妥善處理，其污水下水道接管率已達 100%。如今，福田河水質已符合地表水水質標準，而城市宜居性與生態系統也得到改善。

5、借鏡國際

深圳因應快速都市化，導致水源不足與水污染問題，故藉由推動四大水策略與行動方案加以因應，其主要目的在於打造海綿城市，努力減少開發的環境衝擊，並建立永續且健康的水循環系統。未來於調適策略推動建議：臺灣未來應持續並擴大推動污水下水道工程，並嘗試建立水循環系統，將更多污水轉化成為水資源。

(九)水資源挑戰與調適策略：以珀斯為例

珀斯主要挑戰在於水源不足、極端天氣、城市過熱以及海面上升，其藉由推廣節水、投資雨水儲蓄利用、尋找替代水源以及導入綠色基礎設施與污水處理等手段，努力維持城市宜居性。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、珀斯基本資料

人口：2019年約 209 人，人口成長率約 1.3%(2018 至 2019 年)。

地理：位於天鵝海岸平原，主要行政區面積為 19.37 平方公里。

挑戰：水源不足、極端天氣、城市過熱以及海面上升。

策略：推廣節水、投資雨水儲蓄利用、尋找替代水源以及導入綠色基礎設施與污水處理。

2、邁向永續城市

珀斯為西澳州的首都，主要行政區面積為 19.37 平方公里，珀斯最大就業中心與許多國際企業、國營企業以及地方企業的總部皆設立於此。

全球暖化與氣候變遷的議題已被多數民眾接受，也瞭解到其對於經濟與民眾生活帶來的可能潛在衝擊，城市能否在這些衝擊下維持永續成為關鍵議題。

西澳州水公司預測年雨量在 2060 年前將減少 40%，同時珀斯與周遭城鎮的用水將額外成長 365 百萬噸。儘管珀斯從 2001 年開始，已經減少 20% 用水量，但其仍然是澳洲用水量最多的城市之一。

為能轉變成水敏城市，城市、企業以及民眾可透過用水最佳化與節約用水，並適當的應用非飲用水。此外，珀斯也藉由資助水智慧專案，以進一步節省用水。

3、面對未來挑戰，維持宜居性

受到氣候變遷與都市開發的影響，珀斯在維持宜居性上面對許多的挑戰。澳洲聯邦科學與工業研究組織(CSIRO)依據西澳州西南部的歷史觀測資料與未來預測結果，列出珀斯面對的潛

在挑戰如下：

水源不足：冬季與春季的降雨量將呈現持續減少趨勢，其餘季節則無明確趨勢。

極端天氣：雖然預測結果顯示未來年雨量有減少趨勢，將有更多時間是處於乾旱狀況，但極端大雨亦有增加趨勢。

城市過熱：各個季節的平均氣溫將持續增加，平均氣溫與極端氣溫的增加幅度相似。此外，高溫的日數、頻率以及連續時間皆有增加情況。

海面上升：平均海面高程將持續升高，而極端的海面高程也有升高情況。在 2030 年前，平均海面高程將升高 0.07 至 0.18 公尺(相較於 1986 至 2005 年數據)。

4、案例分析：奧斯朋公園的工作站

於 2014 至 2015 年期間，珀斯於奧斯朋公園工作站打造水敏基礎建設，將工作站廢水、工作站雨水儲集系統的雨水、道路清洗回收水等，導入再生水廠進行處理，然後再將處理後水回歸應用於城市，以進一步減少用水。

5、借鏡國際

珀斯主要挑戰在於水源不足、極端天氣、城市過熱以及海面上升，其藉由推廣節水、投資雨水儲蓄利用、尋找替代水源以及導入綠色基礎設施與污水處理等手段，努力維持城市宜居性。未來於調適策略推動建議：臺灣未來於水資源調適策略推動上，可結合策略對於改善城市宜居性的貢獻程度，讓民眾更容易瞭解策略效益，亦有助於策略推動。

(十)水資源挑戰與調適策略：以西安為例

西安主要挑戰在於水源不足、都市水環境劣化、快速工業化、人口成長、過度使用水資源，其藉由確保水質與充足水源、整合都市水管理以改善水質以及重建八河計畫等手段，讓西安特色不僅在於豐富的歷史與文化，也在於其水城市特色。針對其水資源挑戰與調適策略說明如下：

1、西安基本資料

人口：目前約 1,000 萬人，人口成長快速，1980 年代人口僅 200 萬人。

地理：都市面積約 800 平方公里，位於黃河流域中間段，南為秦嶺山脈。

挑戰：水源不足、都市水環境劣化、快速工業化、人口成長、過度使用水資源。

策略：確保水質與充足水源、整合都市水管理以改善水質。

2、八條河環繞的古代首都

回溯至西元前 1,046 年的西周朝代，西安被選作為當時首都，一直到西元 907 年為止，西安已作為 13 個朝代的政治中心。而唐朝(西元 618 至 907 年)時期，當時的首都西安，其面積約 83.1 平方公里，人口在鼎盛時期約 100 萬人，為中國歷史上最大的古都。許多河川受到秦嶺山脈豐沛水量的補注，再流往西安附近，形成八條河環繞古都的美麗景緻。

但受到氣候變遷、水文地質變化、工業化與都市化以及水資源過度使用與不當管理等因素的影響，無論水質或水量皆大不如前，而劣化的水環境同時亦妨礙城市的永續發展。從頻繁的都市發展計畫更新，可見西安擴張的快速，同時也造成需水量增加與嚴重的水汙染問題。

3、城市水資源管理

西安位於黃河流域中間段，年雨量約 550 毫米，但該區域蒸發量遠高於雨量。儘管渭河(黃河最大支流)流經北邊郊區，但因上游過度使用水資源，現在幾乎無法以地面水供應西安用水。而地下水的部分，在過去是非常重要的水資源，但現在為預防地層下陷，其開發受到嚴格限制。市中心約有 70% 水源係來自於 140 公里遠的秦嶺山脈水壩，為確保充足水源，其開始推動越域引水計畫，以進一步增加供水能力。

當地水利單位為因應水資源不足，在都市水資源管理上強

調重點如下：水資源保育、均衡分配、系統化管理以及利用率最大化。此外，亦配合推動節約用水、雨水儲集以及再生水，以進一步強化都市水管理。

4、案例分析：重建八河計畫

計畫內容包含打造供水網絡、溼地復育、河道修復以及湖泊整修，並將部分公園設計成唐朝風格，以重現往日榮景。其藉由整合各種水源，包含：天然雨量、河川流量以及再生水，創造城市內水循環。亦配合擴張城市綠色空間，使得城市更具有韌性與環境永續。待重建八河計畫完工，屆時西安特色不僅在於豐富的歷史與文化，也在於其水城市特色，例如：各種水設施、優美水環境、宜居性以及永續性。

5、借鏡國際

西安主要挑戰在於水源不足、都市水環境劣化、快速工業化、人口成長、過度使用水資源，其藉由確保水質與充足水源、整合都市水管理以改善水質以及重建八河計畫等手段，讓西安特色不僅在於豐富的歷史與文化，也在於其水城市特色。未來於調適策略推動建議：臺灣未來於水資源調適策略推動上，可強調策略對於水城市特色之貢獻程度，讓策略重點不僅在於工程，同時亦包含水文化、宜居性以及永續性等特色。

(十一)水資源挑戰與調適策略：以開普敦為例

開普敦為南非西南端的一座大城市，其於 2015 至 2018 期間遭遇數百年一遇的乾旱事件，面臨如此極端乾旱事件，這座城市該如何因應？臺灣可藉由學習與參考開普敦的抗旱經驗與因應作為，以更全面的提升抗旱韌性。本計畫回顧彙整開普敦在面臨極端乾旱事件之抗旱作為與因應策略，期望相關經驗可提供臺灣學習與參考，以更全面的提升抗旱韌性。首先由開普敦水資源概況切入，介紹其降雨情況、堰壩概況、用水組成、用水人口等資料；再針對乾旱成因與現況進行說明，以氣象角度說明乾旱事件成因並輔以數據呈現乾旱現況與重現期；最後，回顧開普敦市政府抗旱因應作為，包含

資訊揭露、節水宣導以及水價政策等作法。藉由涵蓋開普敦水資源概況、乾旱成因說明、市政府抗旱作為，完整分享缺水之城開普敦的缺水經驗。針對此次開普敦缺水事件介紹如下：

1、開普敦水資源概況

開普敦市政府於 2017 年提供開普敦水服務與都市水循環報告(City of Cape Town, 2017)，針對開普敦水資源概況進行說明，報告內容包含：降雨情況、堰壩概況、用水組成、用水人口等。針對各個項目說明如下：

(1)降雨情況

開普敦地區的降雨主要發生於冬季，長期平均年雨量約 500 mm。其降雨在空間上分布不均，山區年雨量可達 2,000 mm，而西岸年雨量則僅 300 mm。

(2)堰壩概況

開普敦主要水源係由 14 座堰壩蓄存雨水後提供市民使用，整體堰壩總蓄水量約為 9 億噸左右，而主要蓄水堰壩則為 6 座，其佔總蓄水量 99.52%。

(3)用水組成

在水情穩定的情況(無乾旱)下，開普敦供水系統主要供應下列對象用水：(1)開普敦城用水約 3.45 億噸/年(佔 64%整體水量)；(2)農業用水約 1.58 億噸/年(佔 29%整體水量)；(3)支援鄰近城市用水約 0.37 億噸(佔 7%整體水量)。

(4)供水人口

依據 2011 年普查結果，開普敦供水系統約供應 374 萬人之用水需求。然而，因開普敦人口不斷增加，其供水系統每年約增加 8,500 個新用水戶，使得供水系統負擔逐年增加。

2、乾旱成因與現況

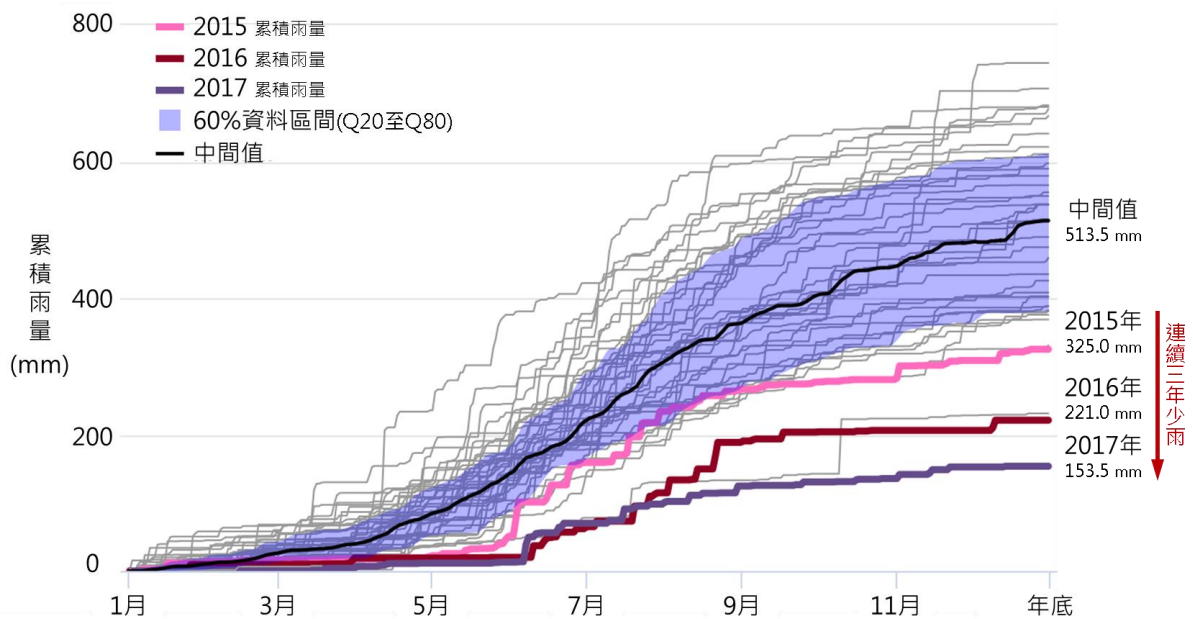
(1)乾旱成因

從氣象角度來看，大西洋高壓(Atlantic High)與開普敦近年少雨的情況有直接關連，受到大西洋高壓阻擋影響，富含

水汽的冬季冷鋒(cold fronts)無法抵達南非西南端，直接造成降雨不足的情況(Kruger et al., 2010)。

(2) 乾旱現況

開普敦大學氣候系統分析團隊(Climatic System Analysis Group, University of Cape Town)針對開普敦長期雨量資料(1977 至 2018 年)進行整理分析(圖 6-1)，其結果指出：長期年雨量資料中間值(中位數)約為 513.5 mm，而 2015 至 2017 年的年雨量則分別為 325.0 mm、221.0 mm、153.5 mm，皆低於長期年雨量中間值且雨量有逐年減少的情況。連續三年降雨偏少的情況，造成開普敦主要蓄水設施蓄水不足(圖 6-2)，主要蓄水堰壩的整體蓄水百分比由 100.0%(2014 年 10 月)逐年減少至 22.2%(2018 年 3 月)。



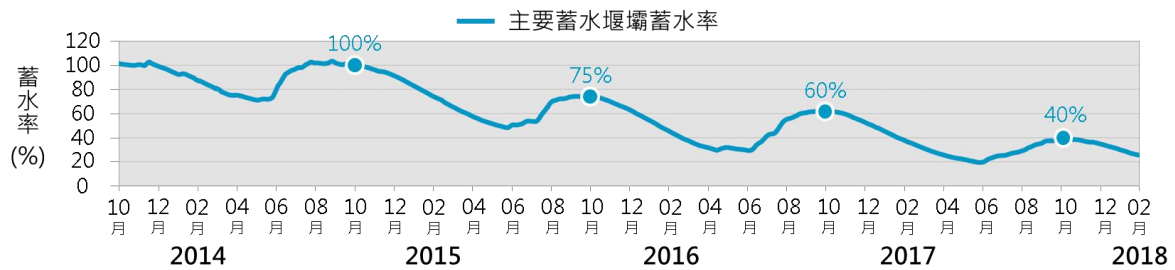
資料來源：改繪自 Current Season's Rainfall in Cape Town (Climate System Analysis Group, University of Cape Town, 2018)

圖 6-1 開普敦長期(1977 至 2018 年)雨量資料與近三年雨量資料比較圖

(3) 乾旱重現期

開普敦大學氣候系統分析團隊採用頻率分析方法評估近年乾旱事件的重現期，以瞭解並量化近年乾旱事件的嚴重程度。例如：重現期 100 年的乾旱事件，其約略每 100 年才

會發生一次。團隊頻率分析結果指出(Climate System Analysis Group, University of Cape Town, 2017)：近3年(2015-2017年)乾旱事件重現期約628年，而近2年(2016至2017年)乾旱事件的重現期則高達1,150年，其分析結果突顯出乾旱情況之罕見。



資料來源：改繪自 City of Cape Town: Water Dashboard (City of Cape Town, 2018)

圖 6-2 開普敦主要蓄水設施近年(2014 至 2018 年)蓄水情況

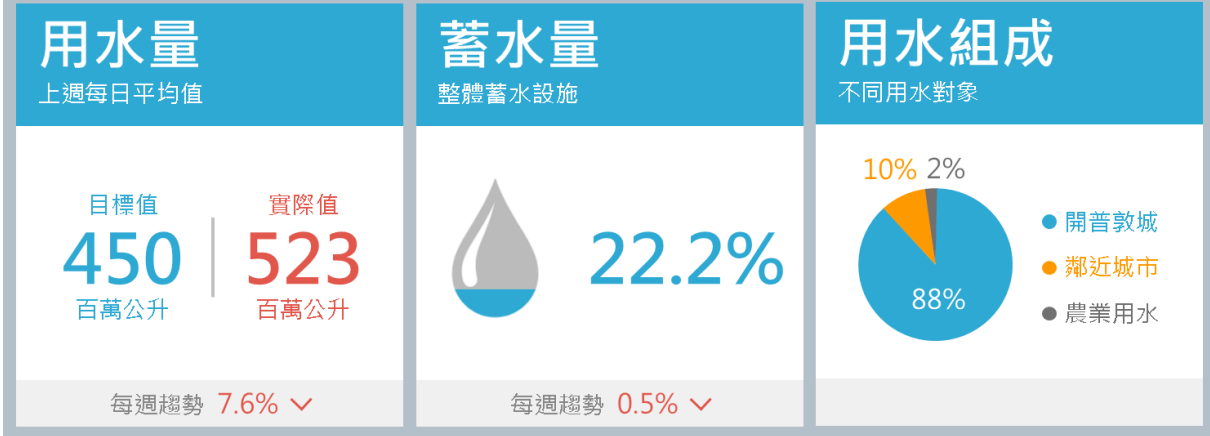
3、市政府抗旱因應作為

(1) 資訊揭露

市政府提供無水日 (Day Zero) 與水情看板 (water dashboard) 等即時資訊(圖 6-3)，使得市民可明確掌握乾旱相關訊息，並瞭解乾旱的嚴重性。其中，無水日係指當主要蓄水設施的總蓄水率不足 13.5% 時，供水系統將停止供應自來水，市民需透過指定取水點排隊取水，以因應極端枯旱情況。市政府藉由公布無水日，明確指出預期停水的日期，並配合水情看板顯示最近一週的：(1) 目標用水量與實際用水量、(2) 蓄水設施總蓄水率、(3) 用水組成(開普敦城用水、鄰近城市用水、農業用水)，透過充分的資訊揭露，讓市民有效瞭解用水情況。

無水日 2018年7月9日

自02月01日起，等級6B限水實施中，每人每日用水勿超過50公升，更多共同抗旱資訊請參考 www.capetown.gov.za/thinkwater



註：開普敦無水日已於2018年3月底更新，確定後延至2019年。此處無水日僅為示意，並非實際值。資料來源：改繪自 City of Cape Town - Day Zero (<https://coct.co/water-dashboard/>)

圖 6-3 無水日與水情看板

延伸議題：開普敦市政府於2018年3月底解除無水日警戒，宣布無水日將延後至2019年(2018年將持續供應自來水)。然而，2018年迄今並未有顯著降雨，3月底整體蓄水設施僅有22.2%蓄水率。無水日警戒的解除是否歸功於節水成效，抑或有其政治考量，未來有需要進一步探討。

(2) 節水宣導

市政府實施等級6B限水措施⁷，以每人每日50公升用水為目標進行節水宣導，並公布50公升的生活(City of Cape Town, 2018)作為每人每日用水指南，其提供市民日常用水量概估，以輔助市民達成節水目標，市政府與市民共同聯手為抗旱努力。開普敦市民各項日常用水之概估水量可參考圖6-4所示，例如：沖澡約需10公升水量、而每次沖馬桶約需9公升水量，藉由用水指南市民可更容易掌握每日自我用水情況，以實際節水作為來支持共同抗旱目標。

⁷限水措施等級愈高，限水強度愈強。例如：等級5B限水措施每人每日用水為87公升，而等級6B限水措施每人每日用水則為50公升。



資料來源：改繪自 Think Water - City of Cape Town: 50 Liters Life Poster (City of Cape Town, 2018)

圖 6-4 開普敦市民各項日常用水之概估水量

(3) 水價政策

市政府於枯旱期間實施不同的水價政策，藉以反應供水成本(枯旱期間營運成本高)並減少整體用水量。水價主要取決於用水量，若用水量較高，則需支付較高單價的水費。此外，於枯旱期間市政府將針對超量用水戶⁸寄送超量警告通知並限期一個月改善，違者將強制安裝智慧型水管理裝置 (water management device) 以限制其用水。智慧型水管理裝置可管制用水情況，若用水戶日用水量超過 350 公升則將自動斷水，需至隔日才恢復正常供水。其亦可提供漏水偵測功能，有效減少水資源浪費。

⁸超量用水戶的定義為每月用水超過 6,000 公升(每人每日 50 公升×4 人×30 日)。

(4)水法

為有效管理乾旱期間民間節水效率，開普敦市訂有水法，市政府可依法要求市民裝設水表，並對未能依法節水民眾保有法律處法之追朔權。

二、強化水資源韌性之國際案例

除國際上水資源調適策略案例之外，本計畫亦整理國際間水資源韌性強化作為如表 6-2 所示，以提供臺灣未來水資源韌性強化參考。其中，水資源韌性主要係指緊急災害發生時穩定供水之能力。

針對日本強化水資源韌性之部分：日本東京推動分散式水系統，藉由主要管線連結淨水場與配水廠，增加淨水場之間相互支援能力，進而提升水資源韌性；而日本神戶推動震時緊急儲水機制，並訂定供水目標：(1)災後 3 日內，確保每人每日 3 公升用水；(2)災後 7 日內，確保每人每日 20 公升用水；(3)災後 11 日內，確保每人每日 100 公升用水；(4)災後 28 日內，確保每人每日 250 公升用水。

針對印度強化水資源韌性之部分：印度藉由小水企業藉由分散式「自動提水機」提供安全且可負擔的水，替印度都市窮人提供一個可行且永續之供水方案，有助於建立韌性城市。

針對美國強化水資源韌性之部分：美國藉由推動基礎水建設法，以要求 3,300 人以上社區評估各種自然災害與突發狀況下其水風險與韌性，並依據風險與韌性評估結果，準備或修正緊急應變方式。此外，實施安全與韌性水準則，以辨識四大類風險因子，包含：自然災害、水汙染事件、設施老化、數位科技風險(cyber risk)，並提出四大行動加以因應。

針對加拿大強化水資源韌性之部分：加拿大以打造氣候韌性城市為目標，推動多屏障(multi-barrier)法以設置多種屏障以阻斷汙染物並確保水質；導入額外預留(redundancy)概念，以額外準備並預留一部分系統效能，以應付突發擾動或激增需求；推動分散式供水與衛生系統，以提升韌性並與中央式系統互補。

針對紐西蘭強化水資源韌性之部分：紐西蘭以「邁向 80-30-80」作為努力目標，確保可滿足社區 80%人口在地震後 30 天內 80%的需求，主要藉由增加個人與商業儲水，以確保地震後 7 天內每人每日用水 20 公升；另外，於震後 7 天提供替代水源過濾設備、河川取水、水車、水袋、社區儲水空間。

表 6-2 國際間水資源韌性強化作為

國家	韌性作為	詳細說明
日本 東京	分散式水系統 ¹	分散式水系統係採用主要管線連結淨水場與配水廠，以增加淨水場之間相互支援能力。
日本 神戶	震時緊急儲水機制 ²	目標：(1)災後 3 日內，確保每人每日 3 公升用水；(2)災後 7 日內，確保每人每日 20 公升用水；(3)災後 11 日內，確保每人每日 100 公升用水；(4)災後 28 日內，確保每人每日 250 公升用水。
印度	小水企業 ³	小水企業藉由分散式「自動提水機」提供安全且可負擔的水，替印度都市窮人提供一個可行且永續之供水方案，有助於建立韌性城市。
美國	基礎水建設法 ⁴	立法要求 3,300 人以上社區評估各種自然災害與突發狀況下其水風險與韌性，並依據風險與韌性評估結果，準備或修正緊急應變方式。
美國	安全與韌性水準則 ⁵	辨識四大類風險因子，包含：自然災害、水汙染事件、設施老化、數位科技風險(cyber risk)，並提出四大行動加以因應。
加拿大	氣候韌性城市 ⁶ (供水與衛生系統)	推動多屏障(multi-barrier)法以設置多種屏障以阻斷汙染物並確保水質；導入額外預留(redundancy)概念，以額外準備並預留一部分系統效能，以應付突發擾動或激增需求；推動分散式供水與衛生系統，以提升韌性並與中央式系統互補。
紐西蘭	邁向 80-30-80 ⁷	確保可滿足社區 80%人口在地震後 30 天內 80%的需求，主要藉由增加個人與商業儲水，以確保地震後 7 天內每人每日用水 20 公升；另外，於震後 7 天提供替代水源過濾設備、河川取水、水車、水袋、社區儲水空間。

資料來源：¹The World Bank (2017) Resilient Water Supply and Sanitation Services; ²Kobe City Waterworks Bureau (2015) Water Supply in Kobe; ³Safe Water Network (2018) Small Water Enterprises: Providing Safe Drinking Water for Resilient Cities.; ⁴America's Water Infrastructure Act of 2018; ⁵Strategic Roadmap Work Group (2017) Roadmap to a Secure and Resilient Water and Wastewater Sector.; ⁶Venema, H., Temmer, J. (2017) Building a Climate-Resilient City: Water Supply and Sanitation Systems.; ⁷Cameron, A., Kinvig, M. (2017) Taking Action on Resilience, Wellington's Story.

三、臺灣枯旱風險調適精進之建議

在民國 125 年臺南全部水資源調適策略皆順利上場情況下，RCP4.5 情境下可能水文情境之供需影響分析結果顯示：公共用水在氣候變遷下可能水文情境「梅雨偏少+颱風偏少」(H1)對應之供需影響 15.4%最高，而氣候變遷下可能水文情境「梅雨延遲+颱風偏少」(H4)對應之供需影響 13.1%則為次高。由於臺南地區主要水源係仰賴梅雨與颱風，故此兩種氣候變遷下可能水文情境均造成較高之公共用水供需影響，其屬於較為極端枯旱之水文條件，但兩種極端枯旱水文條件之發生機率僅介於 3.7%至 8.2%。為能夠進一步舒緩極端枯旱造成之供需影響，建議臺南未來可參考國際上水資源調適經驗：(1)強化再生水與海淡水等替代水源之發展，其不易受氣候變遷與水文變異影響，有助於枯旱時期供水穩定；(2)推廣雨水貯留滲透與海棉城市，有助於舒緩熱島效應並可將城市轉化為集水區，將雨水與洪水轉化為水資源；(3)臺南屬於高枯旱風險城市，建議可強化區域水情資訊揭露與節水宣導，於枯旱期間鼓勵民眾積極參與節水活動，結合公私部門與民眾力量以共同抗旱。

參考文獻

1. Ahmadalipour, A., Rana, A., Moradkhani, H., and Sharma, A. (2017) Multi-criteria evaluation of CMIP5 GCMs for climate change impact analysis, *Theor. Appl. Climatol.*, 128, 71-87, <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1695-4>.
2. Ahmed, K., Sachindra, D. A., Shahid, S., Demirel, M. C., Chung, E.-S. (2019) Selection of multi-model ensemble of general circulation models for the simulation of precipitation and maximum and minimum temperature based on spatial assessment metrics, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 23, 4803-4824, <https://doi.org/10.5194/hess-23-4803-2019>.
3. Bush, E. and Lemmen, D.S., editors (2019) *Canada's Changing Climate Report*; Government of Canada, Ottawa, ON. 444 p.
4. Business Tech (2017) Cape Town introduces water rationing: here's what you need to know.
5. Cameron, A., Kinvig, M. (2017) *Taking Action on Resilience, Wellington's Story*.
6. City of Cape Town (2017) *Water Services and the Cape Town Urban Water Cycle*.
7. City of Cape Town (2018) *City of Cape Town: Water Dashboard*. (Weekly Water Dashboard Report: 27 March 2018)
8. City of Cape Town (2018) *Think Water - City of Cape Town: 50 Liters Life Poster*
9. Climate System Analysis Group, University of Cape Town (2017) *How severe is the drought?*
10. Climate System Analysis Group, University of Cape Town (2018) *Current season's rainfall in Cape Town*.
11. Dorte et al. (2018) *Climate Variability, Drought, and Drought Management in Morocco's Agricultural Sector*. World Bank Group.
12. Husak, G.J., Michaelsen, J., Funk, C. (2007) Use of the gamma distribution to represent monthly rainfall in Africa for drought monitoring applications. *International Journal of Climatology*, 27, 935-944. doi: 10.1002/joc.1441
13. Hussain, M., Yusof, K. W., Mustafa, M. R. U., Mahmood, R., Jia, S. (2018) Evaluation of CMIP5 models for projection of future precipitation change in Bornean tropical rainforests, *Theor. Appl. Climatol.*, 134, 423-440, <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2284-5>.
14. IPCC (2019) *Summary for Policymakers*. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (Pörtner et al.)
15. Khan, N., Shahid, S., Ahmed, K., Ismail, T., Nawaz, N., Son, M. (2018) Performance Assessment of General Circulation Model in Simulating Daily Precipitation and Temperature Using Multiple Gridded Datasets, *Water*, 10, 1793, <https://doi.org/10.3390/w10121793>.
16. Kobe City Waterworks Bureau (2015) *Water Supply in Kobe*.

17. Kruger, A.C., Goliger, A.M., Retief, J.V., Sekele, S. (2010) Strong wind climatic zones in South Africa. *Wind and Structures*, 13(1), 1-19.
18. Lin, H. C., Y. L. Kuo, D. Shaw, M. C. Chang and T. M. Kao (2012). “Regional Economic Impact Analysis of Earthquakes in Northern Taiwan and its Implications for Disaster Reduction Policies.” *Natural Hazards*, 61(2), pp.603-620. (SCI)
19. Miller, RE, & PD Blair (1985). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Professional.
20. Miller, RE, & PD Blair (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
21. Ministry for the Environment, New Zealand (2018) *Climate Change Projections for New Zealand: Atmosphere Projections Based on Simulations from the IPCC Fifth Assessment*.
22. Safe Water Network (2018) *Small Water Enterprises: Providing Safe Drinking Water for Resilient Cities*.
23. Strategic Roadmap Work Group (2017) *Roadmap to a Secure and Resilient Water and Wastewater Sector*.
24. Svensson, C., Hannaford, J., Prosdocimi, I. (2017) Statistical distributions for monthly aggregations of precipitation and streamflow in drought indicator applications. *Water Resources Research*, 53, 999-1018. doi:10.1002/2016WR019276.
25. The World Bank (2017) *Resilient Water Supply and Sanitation Services*.
26. Venema, H., Temmer, J. (2017) *Building a Climate-Resilient City: Water Supply and Sanitation Systems*.
27. Y.T. Maru, M. Stafford Smith, A. Sparrow, P.F. Pinhoc, O.P. Dube (2014). A linked resilience and vulnerability framework for adaptation pathways in remote disadvantaged communities. *Global Environmental Change*, 28 (2014), pp. 337-350.
28. 王塗發，1986，投入產出分析及其應用-臺灣地區實證研究，臺灣銀行季刊，第37卷，第1期，頁186-218。
29. 經濟部，2018，產業穩定供水策略行動方案。
30. 經濟部水利署，2017，臺灣南部區域水資源經理基本計畫(第1次檢討)。
31. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2018，水利工程經濟效益分析方法研究。
32. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2020，109年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)。

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫審查意見及處理情形

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫審查意見及處理情形(1/6)

壹、會議時間：民國 109 年 02 月 12 日(星期三)上午 10 時

貳、會議地點：本署臺北辦公區第 1 會議室

參、主持人：張召集人廣智

肆、紀錄人：徐浩仁

伍、會議紀錄日期文號：民國 109 年 02 月 15 日經水綜字第 10914008870 號

審查意見	處理情形
一、江委員文若	
1.本計畫為兩年計畫的第二年，執行單位執行第一年計畫已通過審查，應有執行第二年之能力。	感謝委員肯定。
2.本計畫以臺南科技工業區為經濟影響分析標的，建議關注製造業實際增減情形。	本年度計畫已更新國內各個部門(包含：農業、工業以及服務業)產值資料至民國 107 年，以反應各個產業實際增減情形。
3.工作項目 2-4 書面報告與審查會當日簡報書面內容略有不同，且未來參考用途為何？	針對水資源調適策略之部分，本計畫除盤點彙整臺灣在地策略外，工作項目 2-4「枯旱風險調適精進作為之研擬與分析」主要係針對國際上水資源相關調適策略進行蒐集，以提供臺灣作為借鏡參考，進一步強化水資源調適策略。
4.有關業務費車資部分費用似偏高，請說明。	為釐清枯旱造成之經濟影響與其實際應對情況，本計畫規劃進行水資源相關單位(水利單位)與產業(南科與水利會)資料調查訪談之工作，故編列租車相關費用。
二、萬委員鍾汶：	
1.有關調適效益之定義及衡量指標/方式應明確說明。	1.水利署目前正在執行產業穩定供水策略行動方案，故本計畫定義缺水之經濟影響為調適效益，衡量指標為缺水率、缺水造成之產業產出減少(直接損失)及透過產業鏈造成的產出減少、國內生產毛額(GDP)之影響。

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
 委託服務計畫審查意見及處理情形(2/6)

審查意見	處理情形
	2.本計畫針對調適效益之定義補充說明於第 5.2.2 節「調適策略組合之供需影響分析」。
2.對於缺水經濟影響推估宜加強說明對產業關聯投入-產出技術面限制條件及生產要素-水之價格可調整下對產業用水需求之影響考量，及以 106 年為基期之代表性。	<p>1.本計畫主要係利用投入產出法進行經濟影響分析，投入產出表代表經濟體系內產業間相互關連程度。計畫第一年度係採用主計總處公布的民國 100 年(2011)全國產業關聯表(投入產出表)及工商及服務業普查資料拆解成五區域三部門區域投入產出表。兩項調查資料每五年編製公布，民國 105 年產業關聯表雖已於去年底公布，基於區域投入產出表需要花費較長時間(約兩年)與較大人力需求進行，故無法即時更新。然而，缺水造成的直接損失(例如：產業每噸用水產值)則可以利用每年公布之國內生產毛額(GDP)更新到 108 年。</p> <p>2.投入產出法具有以下假設：(1)單一產品假設：假設每個產業只生產一種產品，即每一產業的產品都是同質的，若有不同質產品，則以另一種產業部門列之；(2)固定係數假設：每一產業均以固定比例之投入-產出生產，亦即每一產業是以固定規模報酬的生產函數來生產；(3)固定比例假設：生產每一種產品所需要的生產要素之間的比例係數固定，即生產要素之間之不可替代性。以上假設均於本計畫第一年度報告中陳述，並獲得審查委員同意。</p>

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫審查意見及處理情形(3/6)

審查意見	處理情形
	3.水價政策並非本計畫內容，惟水在各產業的影子價格已經包含在水利署其他研究計畫，如氣候變遷影響下中部地區最適水資源供給組合研究，未來若主辦單位有探討水價政策之需求，可以另案利用該資料估計產業水需求量反映到本計畫所建立之供需模型。
3.建議加強工項 2-1 動力模型之系統化呈現方式。	1.本計畫已強化系統動力模型呈現方式，並釐清第二年度計畫架構與動力模式之關係。 2.第二年度計畫架構圖補充說明於第 1.3.2 節「第二年度(民國 109 年)計畫工作項目」，而系統動力模型架構則補充說明於第 3.2 節「系統動力模型建置說明」。
4.工項 2-2 宜對所有可能納入的動力因子/調適手段之規劃完整說明，並設計各動力因子之敏感分析合理範圍。	謹遵指示辦理。
5.工項 2-3 既定四大穩定供水策略組合(S1~S8)之穩定效益與公共工程投入成本亦需經濟評估。	本計畫探討供水策略組合之經濟效益，即缺水導致產業損失與經濟影響。各項供水策略之工程建設項目多寡不一、工程期間不一致、供水性質(原水、自來水調度)不同難以一致化比較成本，但若工程設施有可行性評估，則成本在可行性報告中敘明，可以另案進行成本與效益比較。
6.建議將科技廠商(南科)風險管理/調適能力納入考量。	針對策略效益評估之部分，本計畫主要聚焦水利署所推動之長期調適策略，用水單位調適能力或短期

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫審查意見及處理情形(4/6)

審查意見	處理情形
	抗旱因應作為則不予考慮。
7.加強說明水源供需模式之有效性及預測合理性，及其與動力模型的聯結方式。	水源供需模式相關理論與驗證已於第一年度報告中說明。
三、蔡委員展銘：	
1.本計畫係兩年度中第二年工作，雖有主要工作項目(如第一年的水源供需模式建置與驗證及第二年的經濟水文系統動力模型建置、經濟影響分析)但請於工作方法與步驟內增補其完整及單獨各年(尤其第二年)的工作流程。另請增補第一年的供需模式及第二年的系統動力模式所採用者為何及其理由(建議於附錄內酌增)。	1.第二年度工作流程已補充說明於第 1.3.2 節「第二年度(民國 109 年)計畫工作項目」。 2.水源供需模式相關理論與驗證已於第一年度報告中說明。
2.氣候變遷情境是採用 AR4、AR5 或哪些？請增補敘明及其理由。	本計畫於第一年度主要係採用 AR4 情境資料，而第二年度為符合水利署於氣候變遷情境之推動方向，全面改採 AR5 情境資料進行更新與分析。相關內容已補充說明於第 2.1 節「氣候變遷情境資料概況」。
3.經濟影響分析之工作應請先予敘明「影響」，再詳細交代「分析」方法，若然；請增加產業關聯表如何產製(如由表 5 到表 6 之過程)之流程及資料來源？	1.謝謝委員建議，相關經濟分析將依據委員建議調整。 2.針對「影響」之部分，本計畫採缺水造成產業產出減少作為指標；而針對「分析」之部分，方法已補充說明於第 3.4.4 節「可能水文情境下缺水之經濟影響」。 3.民國 100 年臺灣產業關聯表(表 5)來自主計總處編撰民國 100 年臺灣產業關聯表，本計畫僅根據用水標的將部門別資料加總，用

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫審查意見及處理情形(5/6)

審查意見	處理情形
	<p>以說明如何運用產業關聯表於水資源。</p> <p>4.臺灣五區域區域產業關聯表(表6)乃根據工商服務業普查資料拆解前述民國100年臺灣產業關聯表為區域投入產出表，編製流程與步驟已於本計畫第一年度報告說明，而該方法本團隊成員已發表於國內重要經濟期刊(林幸君、高慈敏(2008)，「蘇花國道興建期及通車後之區域經濟效果分析」，臺灣經濟預測與政策，38：2，31-72。(TSSCI))。本計畫今年成果報告將簡要說明方法與流程於研究方法章節。</p>
<p>4.計畫內所列16種水文情境與8種調適策略等，建請增補相關圖表補充說明。</p>	<p>已增補表5.3「氣候變遷下可能水文情境採用不同調適策略組合之供需影響」並於報告中提供相關說明。</p>
<p>四、張召集人廣智：</p>	
<p>1.因氣候變遷具有高度不確定性，請針對氣候變遷情境之設定進行說明，例如：基期與未來之期程為何？</p>	<p>針對氣候變遷設定之相關內容已補充說明於第2.1節「氣候變遷情境資料概況」，包含氣候變遷期程設定與情境選擇等內容。</p>
<p>2.請強化調適策略說明，描述其主要重點，並針對現有調適策略提出精進建議。</p>	<p>1.已於第5.1節「風險調適路徑訂定」內針對水資源調適策略進行強化說明。</p> <p>2.現有調適策略精進主要係借鏡自國際案例，而相關國際案例已補充說明於第六章「枯旱風險調適精進作為之研擬與分析」，本計畫將於期末報告提出精進策略並進行相關分析。</p>

附錄一 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫審查意見及處理情形(6/6)

審查意見	處理情形
3.經濟分析部分可參考世界經濟論壇建議之混合金融作法，由財務角度切入以處理極端氣候造成之災害問題。	本計畫盤點國際論壇中相關財務金融方案，整理各國針對氣候變遷下水利相關金融財務調適方案，提供相關參考作法。
五、郭副召集人純伶：	
1.調適策略是否有納入庫容維持，另日日監看這類的精緻管理如何考量。	1.本計畫已將庫容維持納入考慮，於水資源供需分析係參考「水庫庫容有效維持綱要計畫」之未來庫容推估值作為系統設定。 2.本計畫主要聚焦長期水資源調適策略，而短期抗旱因應作為則不予探討分析。
2.國際案例如何回饋到調適策略及作為。	本計畫期望透過借鏡國際案例，進一步強化臺灣在地水資源調適策略，例如：新加坡一直努力提升多元供水之整體供水比例，其預計於2060 年左右多元供水可供應整體需水量的 85%。為探討其在臺灣之成效，本計畫可針對多元供水比例提升進行分析，瞭解其對於枯旱風險衝擊與效益。
3.本計畫最後要提供決策分析，如何操作請說明。	本計畫已補充決策分析流程於第1.3.2 節「第二年度(民國 109 年)計畫工作項目」。
六、本署楊委員介良：	
1.«經濟水文»為專有名詞或特別為此計畫而定義？	「經濟水文」為專有名詞其原文為hydro-economic，係用於描述水資源系統、調適策略以及經濟影響間之關係。

附錄二 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫第 1 次工作會議意見及處理情形

附錄二 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫第 1 次工作會議意見及處理情形(1/2)

壹、會議時間：民國 109 年 05 月 26 日(星期二)上午 10 時

貳、會議地點：本署臺北辦公區第 3 會議室

參、主持人：郭組長純伶

肆、紀錄人：徐浩仁

伍、會議紀錄日期文號：民國 109 年 06 月 03 日經水綜字第 10914036340 號

審查意見	處理情形
一、綜合結論	
1.請計畫團隊協助進行「代表情境」之計算方法比較，分別計算氣候變遷情境資料之中位數與 PERT 期望值，探討其差異程度以供後續「代表情境」之計算方法定案參考。	1.«代表情境»比較分析結果顯示：中位數與 PERT 期望值兩者相近，其在 RCP4.5 情境或 RCP8.5 情境下皆無明顯差異，建議可直接採用中位數作為計算方法。 2.詳細比較分析成果可參考第 2.1.7 節«不同代表情境計算方法之比較»。
2.氣候變遷之未來時段設定請參考當初 AR4 期程訂定方式，以目前時間點往未來推移 10 年左右作為起始年，採用 2031 至 2050 年作為未來時段，而基期時段則採用 1986 至 2005 年。	1.謹遵指示辦理。 2.氣候變遷期程設定資訊可參考第 2.1.5 節«氣候變遷情境選與期程設定»。
3.水資源調適策略之長程目標年，請參考國土計畫設定目標年為民國 125 年，並洽承辦單位索取相關資料。	謹遵指示辦理。
4.計畫團隊於經濟分析上係採用區域產業關聯表進行間接經濟影響推算，考量全國產業關聯表拆解至區域產業關聯表所需作業時間過長，而無法於計畫執行期間完成，同意以 2011 年區域產業關聯表進行推算，並於報告書內敘明相關理由。	1.謹遵指示辦理。 2.沿用 2011 年區域產業關聯表之相關原因已補充說明於第 3.3.1 節«產業停水損失»。
5.氣候變遷下水資源供需衝擊請以「代表情境」進行分析，於報告中加強說明「代表情境」挑選流程與特	1.«代表情境»挑選流程與特性已補充說明於報告，本計畫已研擬高度不確定性下全球環流模式

附錄二 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
 委託服務計畫第 1 次工作會議意見及處理情形(2/2)

審查意見	處理情形
<p>性，並提供氣候變遷情境設定建議，以供後續水資源相關計畫作為參考。</p>	<p>之挑選架構提供水資源相關計畫作為參考(詳見第 2.1.6 節「全球環流模式選擇」)。</p> <p>2. 建議氣候變遷下水資源衝擊分析以「代表情境」為主，若需探討其不確定性可配合樂觀情境(75 百分位數)與悲觀情境(25 百分位數)進行分析，以呈現氣候變遷之不確定性。</p> <p>3. 因「代表情境」係由中位數決定，其不易受極端值影響，故不需額外針對 GCM 進行篩選。</p>

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(1/7)

壹、會議時間：民國 109 年 07 月 08 日(星期三)下午 2 時

貳、會議地點：本署臺北辦公區第 4 會議室

參、主持人：張副總工程司廣智

肆、紀錄人：徐浩仁

伍、會議紀錄日期文號：民國 109 年 07 月 13 日經水綜字第 10914044250 號

審查意見	處理情形
一、張委員靜貞	
1.本研究以南部地區為對象，結合氣候變遷與水文情境，建立以機率概念為基礎之定量風險評估模型，探討調適策略之效益，作為政策評估與推動之依據，分析架構完整，涵蓋水資源供需及經濟影響，評估方法與情境研擬具體且嚴謹，結果頗具參考價值。	感謝委員。
2.本研究的經濟分析根據第一年之意見，直接損失以單位用水產值來計算，間接損失則根據區域投入產出表來計算，並分為農業、工業、服務業及家庭用水來進行推估，優點是資料及方法具有一致性，且可以分為產業別及區域別做更精緻的分析。但缺點是只能呈現靜態結果，無法進行長期動態之評估，後續如何用來推估到未來情境之經濟影響，建議也可納入一些社會經濟之情境假設及推估方法之討論。	感謝委員建議，因本計畫主要依據主計總處編制之全國產業關聯表，再進一步拆解為五區域與三產業之區域產業關聯表。因長期動態之評估需各地區未來資本存量資料，惟目前並無區域之資本存量資料，無法進行區域長期動態分析，故本計畫僅以靜態結果呈現水文情境對於整體區域經濟影響效果。
3.枯旱、直接損失以單位用水產值為計算基礎，背後假設損失與產值為同一比例減少，是否合理可再依不同缺水情境加以調整，俾能與實際狀況較為一致，且可考慮將額外增加之取水成本納入直接損失。間接損失之計算採用供給面的投入產出模型，如考慮未來長期影響，也可考	1.感謝委員建議，本計畫主要係針對氣候變遷下可能水文情境推估全年產業缺水來計算直接損失，屬於長期平均影響。若要計算每個產業一年自行取水次數與費用上，因為情境假設較多且複雜，不易進行推估一年可能會有多少的取水成本，並且取水成

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(2/7)

審查意見	處理情形
<p>慮將需求面之缺水影響納入評估範圍。</p>	<p>本並非直接損失，故本計畫今年度未納入取水成本之影響評估。</p> <p>2.在考慮長期經濟水文影響之結果，本計畫建構之經濟水文系統動力模型已包含需水總量、供水總量、枯旱風險、需水調適、供水調適、社會經濟以及氣候水文等面項，也包含委員建議之需求面所造成之缺水影響。</p>
<p>二、蔡委員立宏</p>	
<p>1.IPCC 所提供 GCM 的 RCP 情境，不全適合臺灣氣候特性，因此不確定性高，目前用中位數代表模式，風險評估為何不考慮悲觀模式(25 百分位數)？</p>	<p>1.為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫係採用全部全球環流模式資料作為系集以進行分析，例如：針對 RCP4.5 與 RCP8.5 情境，分別考慮該情境下全部模式之推估值，即 RCP4.5 採用 30 組全球環流模式，而 RCP8.5 則採用 33 組全球環流模式。</p> <p>2.本計畫已補充說明模式選擇原則於第 2.1.6 節「全球環流模式之選擇」。</p>
<p>2.第四章水源枯旱風險對經濟影響分析，圖 4-1 策略敏感分析圖，系統動力因子目前考慮產業發展、河川入流量、再生水、漏水率，如何決定此 4 項。</p>	<p>1.本計畫主要係比對現況(民國 107 年)與未來(民國 125 年)之水資源系統變動情況，挑選變動程度較大之系統動力因子作為探討對象，例如：漏水率、需水量、再生水、新增庫容以及跨區供水等因子。</p> <p>2.詳細因子清單與設定請參考表 4-1「敏感分析之基準案例參數與其測試範圍」。</p>

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(3/7)

審查意見	處理情形
3.第 3 章水源枯旱風險對經濟分析蒐集表 3-5~3-8 各地區產值，表 3-9~3-12 各地用水量，建議臺南地區能單一列表。	謹遵指示辦理。
4.P.5-13 表 5-2 臺南水資源調適策略組合，S1~S8 策略、皆為單一策略無法推動執行，是否考量 2 個以上策略無法執行。	本計畫主要聚焦探討單項水資源調適策略之效益，而多項調適策略之效益則可透過直接累加單項策略之效益。
5.報告中使用許多彩色圖形，建議報告提送用彩色印刷以利閱讀。	謹遵指示辦理。
三、本署張副總工程司廣智	
1.請計畫團隊思考如何應用「氣候變遷下可能水文情境」突顯出水資源調適策略之穩定供水作用，另後續亦請加強說明調適策略效益評估之數據。	謹遵指示辦理。
2.請加強說明梅雨與颱風聯合發生機率之分析結果，並從梅雨與颱風特性切入，說明其與水資源管理之關聯性。	本計畫已加強說明梅雨與颱風聯合發生機率之分析結果於第 2.3.3 節「未來可能水文情境」。
3.針對臺南地區水資源政策評估應採用之調適策略，請參考水規所「109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃」(期中階段)所分析調適策略作為分析依據。	謹遵指示辦理。
四、本署郭組長純伶	
1.水文情境研擬期程設定，未來遞移 10 年為 2031-2050 年那基期 1986-2005 年是否需要遞移 10 年？請加強說明。	1.因 AR5 全球環流模式之基期資料僅提供至 2005 年，故基期資料仍維持為 1986 至 2005 年。 2.針對氣候變遷期程設定，本計畫已補充說明於第 2.1.5 節「氣候變遷情境選擇與期程設定」。

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(4/7)

審查意見	處理情形
<p>2. EPAS 水資源經濟與政策評估系統目的與考量因子為何？應敘明清楚，否則與本署政策不缺水(透過各種手段措施)，不造成任何經濟損失方向不同。</p>	<p>1. 政策評估系統目的的主要在於針對各個調適策略分析其無法順利推動或無法上場情況之水源枯旱風險，以探討不同調適策略之效益，進行高效益策略辨識並作為策略評估之依據。</p> <p>2. 政策評估主要係考慮枯旱影響(供需影響或經濟影響)之期望值，藉由決策理論中期望值準則(expected value criterion)，整合機率概念進行水源枯旱風險之計算，提供決策者合理且客觀之量化風險值。</p>
<p>3. 梅雨或颱風偏少+延遲+正常機率100%與一般偏少、正常、偏多不同，可加強說明。</p>	<p>針對可能水文情境之定義與說明，本計畫已補充說明於第 2.3.1 節「可能水文情境研擬流程」。</p>
<p>4. 本計畫代表模式以中位數為依據，與 PERT 期望值方法之論述要嚴謹，水規所亦有一套說明，應有共識，才有署的代表性。</p>	<p>1. 為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫係採用全部全球環流模式資料作為系集以進行分析，例如：針對 RCP4.5 與 RCP8.5 情境，分別考慮該情境下全部模式之推估值，即 RCP4.5 採用 30 組全球環流模式，而 RCP8.5 則採用 33 組全球環流模式。</p> <p>2. 本計畫已補充說明模式選擇原則於第 2.1.6 節「全球環流模式之選擇」。</p>
<p>5. 各項調適策略都有單獨做經濟影響分析，多項調適策略無法上場之分析請加強論述。</p>	<p>本計畫主要聚焦探討單項水資源調適策略之效益，而多項調適策略之效益則可透過直接累加單項策略之效益。</p>

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(5/7)

審查意見	處理情形
五、本署水源經營組陳科長明城(書面意見)	
<p>1.本計畫以執行中之各項開源、節流、調度、備援調適策略之供需影響轉為經濟影響，再納入氣候變遷情境所得之期望供需影響，所得結果如何應用於水資源政策優選順序決策，建議補充說明。</p>	<p>1.針對水資源政策優選之部分，本計畫主要係參考決策理論中期望值準則，藉由整合機率概念進行水源枯旱風險之計算，提供決策者合理且客觀之量化風險值，並透過比較不同調適策略組合之量化風險值，以探討調適策略之效益高低，進行高效益策略辨識。</p> <p>2.水資源政策優選說明已補充說明於第 5.2 節「風險調適策略之效益評估」。</p>
<p>2.過去因應枯旱之減少供水策略，如農業停灌休耕、自來水限制或減供等，係減少用水轉供其他標的，或延長可供水時間，因係對用水人有實質用水限制，但也同時保護其他用水人用水量及時間，此部分之經濟影響應如何評估？</p>	<p>本計畫主要聚焦長期枯旱風險所造成之供需影響與經濟影響，故在調適策略上亦僅考慮長期調適策略之經濟影響，而短期抗旱因應等管理作為則不予考慮。</p>
<p>3.表 5-1 四大策略，臺南高雄期程延至 110 年 6 月、再生水至 114 年、臺南漏水率降至 8.64%、新烏山嶺隧道於 109 年 4 月完工、曾文淨水場二期似應為曾文淨水場擴建第一期工程。</p>	<p>謹遵指示修改。</p>
六、本署水利規劃試驗所李副工程司俊星	
<p>1.本計畫挑選 50 百分位數(中位數)所對應之全球環流模式推估值作為「代表情境」為免風險管理時誤解，建議用語酌予調整(簡報似有修訂用語)。</p>	<p>謹遵指示辦理。</p>
<p>2.針對不同代表情境分析方法，本計畫比對分析臺南地區及臺灣四大分區，另離島地區(金門、馬祖、澎湖)</p>	<p>1.為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫係採用全部全球環流模式資料作為系集</p>

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(6/7)

審查意見	處理情形
<p>是否有必要比對分析？</p>	<p>以進行分析，例如：針對 RCP4.5 與 RCP8.5 情境，分別考慮該情境下全部模式之推估值，即 RCP4.5 採用 30 組全球環流模式，而 RCP8.5 則採用 33 組全球環流模式。</p> <p>2.本計畫已補充說明模式選擇原則於第 2.1.6 節「全球環流模式之選擇」。</p>
<p>3.P.2-10 提及臺灣北、中及南部水文特性差異大，於情境分析變量選擇上需特別注意，建議進一步說明較具體作法。</p>	<p>相關說明已補充於第 2.1.6 節「全球環流模式之選擇」。</p>
<p>4.可能水文情境研擬，採用「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」產製之歷史觀測網格雨量資料作為上游端水文資料，其年限為何選用民國 49 至 106 年資料？</p>	<p>本計畫選擇完整之歷史觀測網格雨量資料年限(民國 49 至 106 年)作為分析依據，以充分反映出歷史資料之水文特性。</p>
<p>5.南部區域水資源經理基本計畫目前本所尚在滾動檢討，若有需要本所可提供最新規劃成果。</p>	<p>本計畫已依水規所最新規劃成果(109 年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃-期中報告書)作為水源供需參數與調適策略之設定依據。</p>
<p>七、本署徐正工程司浩仁</p>	
<p>1.氣候變遷下可能水文情境研擬為計畫重要工作項目之一，本計畫 108 年度係採用 AR4 研擬各種水文情境，而本年度則全面改採用 AR5 研擬各種水文情境，符合水利署於氣候變遷情境設定之推動方向。惟氣候變遷情境資料涉及眾多全球環流模式推估值，例如：RCP8.5 有 33 個模式推估值，而 RCP4.5 則有 30 個模式推估值，請補充說明是否有進行模</p>	<p>1.為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫係採用全部全球環流模式資料作為系集以進行分析，例如：針對 RCP4.5 與 RCP8.5 情境，分別考慮該情境下全部模式之推估值，即 RCP4.5 採用 30 組全球環流模式，而 RCP8.5 則採用 33 組全球環流模式。</p> <p>2.本計畫已補充說明模式選擇原</p>

附錄三 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期中審查意見及處理情形(7/7)

審查意見	處理情形
式篩選以減少模式數量。	則於第 2.1.6 節「全球環流模式之選擇」。
2.本年度計畫針對氣候變遷下可能水文情境研擬，除全面採用 AR5 資料外，於情境產製方法上亦有所精進。惟請加強說明 108 年度與本年度計畫於氣候變遷下可能水文情境研擬之差異，避免誤會工作項目為重複執行。	已補充說明各年度工作項目於第 1.3 節「計畫工作項目」。
3.本計畫所研提代表模式之挑選架構可供水資源相關計畫於氣候變遷設定上作為參考，建議將相關說明納入第 1.5 節「關鍵項目說明與定義」並註記詳細說明章節，以利其他相關計畫參考引用。	為能盡量涵蓋氣候變遷資料之高度不確定性，本計畫改採用全部全球環流模式資料作為系集以進行分析，相關說明已補充於第 2.1.6 節「全球環流模式之選擇」。
4.第五章工作項目為探討水資源調適策略之效益，然而水資源策略為因應社會經濟快速變動與氣候變遷影響，經常滾動更新調整策略。因此，建議針對水資源調適策略之設定應保留彈性空間，以因應策略調整。	謹遵指示辦理。

**附錄四 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫第 2 次工作會議意見及處理情形**

附錄四 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫第 2 次工作會議意見及處理情形(1/1)

壹、會議時間：民國 109 年 10 月 19 日(星期一)上午 10 時 30 分

貳、會議地點：本署臺北辦公區第 3 會議室

參、主持人：郭組長純伶

肆、紀錄人：徐浩仁

伍、會議紀錄日期文號：民國 109 年 10 月 22 日經水綜字第 10914066230 號

審查意見	處理情形
一、綜合結論	
1.由於未來時段之設定係隨使用需求不同而有所變動，請 NCDR 協助提供兩種未來時段(2031 至 2050 年與 2036 至 2065 年)之氣候數值比對結果，以利釐清兩種未來時段之可能差異。	謹遵指示辦理。
2.因各計畫之目的與需求有所不同，故本署委辦計畫與水規所水資源經理計畫在氣候變遷上可採用不同設定(包含模擬時段選取、模式挑選及模式數量)，惟建議水規所於經理計畫中補充說明計畫需求與設定依據。	本計畫已補充氣候變遷相關設定於第 2.1.5 節「氣候變遷情境選擇與期程設定」。
3.針對未來氣候變遷議題合作推動，請水規所仍依既有 MOU 框架持續與 NCDR 溝通討論，並提供相關需求予 NCDR 以利產製與回饋必要資訊，綜企組亦請適時參與相關計畫之討論與研訂。	謹遵指示辦理。
4.請本計畫團隊提供今年度分析成果給予水規所執行之水資源經理計畫參採，以瞭解不同情境設定之異同，並作為後續推動之依據。	謹遵指示辦理。

附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期末審查意見及處理情形

附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期末審查意見及處理情形(1/5)

壹、會議時間：民國 109 年 11 月 30 日(星期一)下午 1 時 30 分

貳、會議地點：本署臺北辦公區第 4 會議室

參、主持人：張副總工程司廣智

肆、紀錄人：陳美蓮

伍、會議紀錄日期文號：民國 109 年 12 月 07 日經水綜字第 10914081720 號

審查意見	處理情形
一、張委員靜貞	
1.本研究的特色及貢獻包括水文情境與水源枯旱風險評估方法之建構，考慮模式及資料的不確定性，建立梅雨及颱風的機率密度函數，利用產業關聯表建立經濟影響評估方法，並以南部地區為示範案例，分析不同水資源調適策略組合之可能影響及排序。報告內容完整具體，分析嚴謹，政策建議可供後續因應策略之參考。	感謝委員意見。
2.本研究另一特色是分析方法的精進與透明化，建議能將供需分析之系統動力模型架構及經濟分析中使用的乘冪係數等也加入。	謝謝委員建議，本計畫已將經濟分析中臺灣五區域國內關聯程度表(乘冪係數)新增至報告內容。
3.建議經濟影響評估可說明如何針對未來可能的社會經濟情境(如人口結構老化後對公共用水需求之變化，後疫情時代全球供應鏈重組對高科技創新產業及半導體資通訊產業用水需求之變化等)進行設定及評估可能之影響。	關於產業未來發展情境估計不易，難以納入本計畫內考慮，主要原因有，一是產業未來發展需要更多資源進行，二是目前水資源供給部門僅能區分農業、工業、民生，部門太粗，詳細推估各產業未來發展無法提升估計精緻度，三是本計畫以現有調適政策進行優先順序評估，推估產業未來發展不太可能改變產業產值的相對大小。社會情境的部分若要進行也需要更多時間與資源進行調查，此計畫難以達成，因為目前的用水統計僅能區分民生用水，其中又包含服務業與家計

附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期末審查意見及處理情形(2/5)

審查意見	處理情形
	<p>用水，服務業類別眾多，家計用水的實際使用量與人口組成的關係需要詳細家戶用水調查，有前述調查資料方能推估人口組成改變對家戶用水的影響。</p>
<p>4.經濟影響包括直接與間接效果，直接效果以每單位用水產值為基礎計算，如加總為全國全年產值效果需注意重複計算產生高估問題，建議改用 GDP 概念來計算加總。間接損失使用 P3-21 的計算式(3-8)右邊的 ΔV 如何計算，建議補充說明。</p>	<p>1.謝謝委員建議，本計畫已從 GDP 概念計算缺水對於臺灣各地區之影響效果(補充於附錄六)，增加項目包含 RCP4.5 以及 RCP8.5 的所得效果。</p> <p>2.而針對間接損失計算上所採用之 $\Delta X' = \Delta V (I - \bar{A}^D)^{-1}$，本計畫主要係透過水源供需模型推估未來臺南地區缺水之下造成各產業之直接損失(某部門中間或原始投入成本發生變動時，即可解出新的產出向量 ΔV)，再乘上本計畫建構之臺灣五區域三部門之國內產業關聯程度表 $(I - \bar{A}^D)^{-1}$，即可計算出各情境臺南地區缺水對於整體經濟影響效果(直接+間接效果)，相關內容已補充說明於報告內容。</p>
<p>5.本研究定義的水文情境以正常、偏少、延遲為主，與 TCCIP 之未來降雨情境趨勢之差異，建議可予以補充說明。</p>	<p>本計畫主要係藉由綜合考慮氣候變遷情境與可能水文情境，進行氣候變遷下可能水文情境研擬。其中，氣候變遷情境主要係考慮 AR5 氣候變遷情境資料，而可能水文情境則考慮梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常情況，上述相關說明內容已補充說明於報告第 2.3 節「氣候變遷下可能水文情境」。</p>

附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期末審查意見及處理情形(3/5)

審查意見	處理情形
二、連委員上堯	
1.調適策略建議納入「海水淡化」。	由於調適策略滾動檢討速度較快，難以全面涵蓋所有調適策略，故本計畫依據期中審查會議之決議，於臺南地區水資源政策評估應採用之調適策略參考「109年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國109年)之水源供需參數與調適策略。
2.簡報 P30~P37 似未於報告中說明。	簡報內容已補充說明於報告第5.2.4節「調適策略組合之效益評估」。
3.簡報 P34，益本比似比我們平常估算的高，是否未來各計畫的益本比計算方式要改為本計畫的方法？	謝謝委員意見，為避免誤會，本計畫已改採用經濟影響效益與工程經費之比值作為比值效益進行調適策略之評估指標。
三、本署水利規劃試驗所趙正工程司永楠	
1.南區水資源經理計畫已有期末報告，可再提供，其中南化水庫加高增量為4.1萬噸。	針對臺南地區之水源供需參數與調適策略，本計畫依據期中審查會議之決議，參考「109年經理計畫滾動檢討-南部區域水資源經營管理調適策略規劃(期中報告書)」(經濟部水利署水利規劃試驗所，民國109年)進行相關參數設定。
2.供水策略 S1~S7 擬作為策略優先順序之評估，惟相關策略組合部分已為推動中，部分也已核定，似已難達原目的，建議做修正，並依政策更新方案。	本計畫主要聚焦評估調適策略無法上場時可能導致之經濟影響，以作為策略推動之說帖，而策略上場時間則依據109年南區經理計畫(期中報告)進行設定。
3.再生水效益最高?(簡報P33)惟其未納入自來水系統流用，使用有其限制，且不易用到製程高產值用水，其	1.本計畫主要係基於再生水品質可達自來水標準之假設進行水源供需分析，而針對再生水推動

附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
委託服務計畫期末審查意見及處理情形(4/5)

審查意見	處理情形
<p>效益是否高估？又相關益本比與一般估算差距大。</p>	<p>上之議題已納入建議說明。 2.謝謝委員意見，為避免誤會，本計畫已改採用經濟影響效益與工程經費之比值作為比值效益進行調適策略之評估指標。</p>
<p>4.因供水的產業關聯的變化很大，新的供水方案是為供給新增的需求，經濟影響及產業關聯是否應將新的產業投資、產值加進來，以突顯新計畫的推動效益。</p>	<p>本計畫採用單位用水價值來推估不同調適策略上場後對於產業用水需求增加的效益，而這些用水需求增加會透過產業關聯效果誘發對於產業產值成長(包含新的產值增加)，所以本計畫模擬結果已考量各產業用水需求增加對於產業產值成長的部分。</p>
<p>5.經濟影響是否能針對一階限水、二階限水的影響，此可支撐政策為避免限水所投資的休耕，緊急調度等效益價值。</p>	<p>針對枯旱經濟影響之部分，本計畫主要聚焦探討長期枯旱情況所導致之經濟影響，以作為水資源長期調適策略之效益評估基準；而短期枯旱情況與抗旱作為(例如：一階限水與停灌休耕)所導致之經濟影響等議題屬於管理層面，並未納入考慮項目。</p>
<p>6.開普敦的緊急供水策略與臺灣目前處境相似，是否能蒐集到其因應對策的成效資料。</p>	<p>本計畫主要係針對國際上枯旱風險調適作為進行蒐集，期望能夠藉鏡國際進一步舒緩枯旱對於臺灣之衝擊。</p>
<p>四、本署張副總工程司廣智</p>	
<p>1.請將各種可能水文情境(梅雨與颱風之偏少、延遲以及正常)之總量變動範圍列出，以方便釐清其總量特性。</p>	<p>1.謹遵指示辦理。 2.各種可能水文情境之統計特性(包含：門檻值、平均值以及標準偏差等)已補充說明於第 2.3 節「氣候變遷下可能水文情境」。</p>
<p>2.請補充說明再生水推動可能遭遇之問題，並將相關說明列入結論與建議。</p>	<p>1.謹遵指示辦理。 2.針對再生水推動可能遭遇之問題補充說明如下：「惟臺灣於多</p>

附錄五 因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)
 委託服務計畫期末審查意見及處理情形(5/5)

審查意見	處理情形
	元供水(再生水與海淡水)推動上仍有許多困難有待克服，例如：對於工業廠商而言，因多元供水之水價較高，故廠商較無意願使用再生水與海淡水。」
3.請針對水資源經濟與政策評估系統之彈性與擴充性進行補充說明，並將相關說明與可能精進方向列入結論與建議，以利未來系統推動與應用。	本計畫已於第3.2節「系統動力模型建置說明」補充說明水資源政策之彈性與擴充性。
4.為能夠完整呈現計畫整體成果，請新增兩年度計畫成果摘要。	本計畫已於第一章補充說明兩年度計畫之目的與工作項目。

附錄六 經濟分析成果

表附 6-1 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(1/4)

策略組合	情境編號	情境說明	發生機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,175	3,600	39.8%	15.4%	15.4%	4.11	41.19	11.97	57.27
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	819	928	16.2%	4.0%	4.0%	1.67	10.63	3.08	15.38
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,469	1,666	23.4%	7.1%	7.1%	2.41	19.06	5.54	27.01
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	2,686	3,047	39.5%	13.1%	13.1%	4.08	34.85	10.13	49.06
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	5,536	715	810	9.5%	3.5%	3.5%	0.98	9.28	2.69	12.95
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,027	1,164	16.4%	5.0%	5.0%	1.69	13.32	3.87	18.88
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,415	1,605	21.1%	6.9%	6.9%	2.17	18.36	5.34	25.87
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,564	1,774	18.9%	7.6%	7.6%	1.95	20.29	5.90	28.14
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,172	1,329	13.9%	5.7%	5.7%	1.44	15.21	4.42	21.06
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,891	4,413	39.8%	18.9%	18.9%	4.11	50.48	14.67	69.26
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,088	1,233	16.2%	5.3%	5.3%	1.67	14.12	4.10	19.89
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,891	2,145	23.4%	9.2%	9.2%	2.41	24.53	7.13	34.08
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,201	3,630	39.5%	15.6%	15.6%	4.08	41.53	12.07	57.68
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	972	1,103	9.5%	4.7%	4.7%	0.98	12.61	3.67	17.26
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,330	1,509	16.4%	6.5%	6.5%	1.69	17.26	5.02	23.96
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,774	2,012	21.1%	8.6%	8.6%	2.17	23.02	6.69	31.88
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	2,136	2,423	18.9%	10.4%	10.4%	1.95	27.71	8.05	37.72
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,550	1,758	13.9%	7.5%	7.5%	1.44	20.11	5.84	27.39

表附 6-1 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,111	3,523	3,996	40.1%	17.1%	17.1%	4.14	45.71	13.28	63.13
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,927	1,024	1,162	16.6%	5.0%	5.0%	1.71	13.29	3.86	18.86
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,377	1,703	1,931	23.8%	8.3%	8.3%	2.45	22.10	6.42	30.96
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,850	2,996	3,397	39.8%	14.6%	14.6%	4.11	38.87	11.29	54.27
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,732	880	998	9.7%	4.3%	4.3%	1.00	11.42	3.32	15.74
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,977	1,251	1,419	16.6%	6.1%	6.1%	1.72	16.23	4.72	22.66
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,183	1,637	1,857	21.3%	8.0%	8.0%	2.20	21.24	6.17	29.61
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,299	1,855	2,103	19.2%	9.0%	9.0%	1.98	24.07	6.99	33.04
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,757	1,390	1,576	14.2%	6.8%	6.8%	1.46	18.03	5.24	24.74
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,433	3,951	4,481	40.5%	19.2%	19.2%	4.17	51.26	14.90	70.33
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	15,340	1,308	1,484	17.0%	6.4%	6.4%	1.76	16.97	4.93	23.66
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,736	2,002	2,270	24.2%	9.7%	9.7%	2.49	25.98	7.55	36.01
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	36,179	3,372	3,824	40.2%	16.4%	16.4%	4.15	43.75	12.71	60.61
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	9,092	1,128	1,279	10.1%	5.5%	5.5%	1.04	14.64	4.25	19.93
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	15,249	1,530	1,735	16.9%	7.4%	7.4%	1.75	19.85	5.77	27.37
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,470	1,917	2,174	21.6%	9.3%	9.3%	2.23	24.87	7.23	34.33
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,651	2,212	2,508	19.6%	10.7%	10.7%	2.02	28.70	8.34	39.06
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	13,053	1,673	1,897	14.5%	8.1%	8.1%	1.50	21.71	6.31	29.51

表附 6-1 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,495	3,964	39.8%	17.0%	17.0%	4.11	45.35	13.18	62.63
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,077	1,221	16.2%	5.2%	5.2%	1.67	13.97	4.06	19.71
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,703	1,932	23.4%	8.3%	8.3%	2.41	22.10	6.42	30.93
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,004	3,406	39.5%	14.6%	14.6%	4.08	38.98	11.32	54.38
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	929	1,054	9.5%	4.5%	4.5%	0.98	12.05	3.50	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,276	1,447	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	16.56	4.81	23.05
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,629	1,847	21.1%	7.9%	7.9%	2.17	21.14	6.14	29.45
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,900	2,155	18.9%	9.2%	9.2%	1.95	24.65	7.16	33.77
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,413	1,603	13.9%	6.9%	6.9%	1.44	18.33	5.33	25.10
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,495	3,964	39.8%	17.0%	17.0%	4.11	45.35	13.18	62.63
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,077	1,221	16.2%	5.2%	5.2%	1.67	13.97	4.06	19.71
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,703	1,932	23.4%	8.3%	8.3%	2.41	22.10	6.42	30.93
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,004	3,406	39.5%	14.6%	14.6%	4.08	38.98	11.32	54.38
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	929	1,054	9.5%	4.5%	4.5%	0.98	12.05	3.50	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,276	1,447	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	16.56	4.81	23.05
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,629	1,847	21.1%	7.9%	7.9%	2.17	21.14	6.14	29.45
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,900	2,155	18.9%	9.2%	9.2%	1.95	24.65	7.16	33.77
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,413	1,603	13.9%	6.9%	6.9%	1.44	18.33	5.33	25.10

表附 6-1 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,748	3,876	4,396	40.8%	18.8%	18.8%	4.21	50.29	14.61	69.11
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	15,705	1,115	1,264	17.5%	5.4%	5.4%	1.80	14.47	4.20	20.47
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	22,078	1,809	2,051	24.5%	8.8%	8.8%	2.53	23.47	6.82	32.82
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	36,488	3,220	3,652	40.5%	15.7%	15.7%	4.18	41.78	12.14	58.10
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	9,336	912	1,035	10.4%	4.4%	4.4%	1.07	11.83	3.44	16.34
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	15,515	1,290	1,463	17.2%	6.3%	6.3%	1.78	16.74	4.86	23.38
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,783	1,735	1,968	22.0%	8.4%	8.4%	2.27	22.51	6.54	31.32
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,970	2,084	2,364	20.0%	10.1%	10.1%	2.06	27.04	7.86	36.96
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	13,317	1,476	1,674	14.8%	7.2%	7.2%	1.53	19.15	5.56	26.24

表附 6-2 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,175	3,600	39.8%	15.4%	15.4%	4.11	53.05	11.97	69.13
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	819	928	16.2%	4.0%	4.0%	1.67	13.69	3.08	18.44
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,469	1,666	23.4%	7.1%	7.1%	2.41	24.55	5.54	32.50
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	2,686	3,047	39.5%	13.1%	13.1%	4.08	44.88	10.13	59.09
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	715	810	9.5%	3.5%	3.5%	0.98	11.95	2.69	15.62
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,027	1,164	16.4%	5.0%	5.0%	1.69	17.16	3.87	22.72
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,415	1,605	21.1%	6.9%	6.9%	2.17	23.64	5.34	31.15
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,564	1,774	18.9%	7.6%	7.6%	1.95	26.13	5.90	33.98
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,172	1,329	13.9%	5.7%	5.7%	1.44	19.58	4.42	25.44
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,891	4,413	39.8%	18.9%	18.9%	4.11	65.02	14.67	83.79
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,088	1,233	16.2%	5.3%	5.3%	1.67	18.18	4.10	23.95
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,891	2,145	23.4%	9.2%	9.2%	2.41	31.60	7.13	41.14
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,201	3,630	39.5%	15.6%	15.6%	4.08	53.49	12.07	69.63
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	972	1,103	9.5%	4.7%	4.7%	0.98	16.24	3.67	20.89
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,330	1,509	16.4%	6.5%	6.5%	1.69	22.22	5.02	28.93
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,774	2,012	21.1%	8.6%	8.6%	2.17	29.64	6.69	38.51
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	2,136	2,423	18.9%	10.4%	10.4%	1.95	35.69	8.05	45.70
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,550	1,758	13.9%	7.5%	7.5%	1.44	25.90	5.84	33.18

表附 6-2 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,111	3,523	3,996	40.1%	17.1%	17.1%	4.14	58.87	13.28	76.29
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,927	1,024	1,162	16.6%	5.0%	5.0%	1.71	17.11	3.86	22.68
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,377	1,703	1,931	23.8%	8.3%	8.3%	2.45	28.46	6.42	37.33
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,850	2,996	3,397	39.8%	14.6%	14.6%	4.11	50.06	11.29	65.46
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,732	880	998	9.7%	4.3%	4.3%	1.00	14.70	3.32	19.02
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,977	1,251	1,419	16.6%	6.1%	6.1%	1.72	20.90	4.72	27.34
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,183	1,637	1,857	21.3%	8.0%	8.0%	2.20	27.35	6.17	35.73
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,299	1,855	2,103	19.2%	9.0%	9.0%	1.98	31.00	6.99	39.97
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,757	1,390	1,576	14.2%	6.8%	6.8%	1.46	23.23	5.24	29.93
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,433	3,951	4,481	40.5%	19.2%	19.2%	4.17	66.02	14.90	85.09
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	15,340	1,308	1,484	17.0%	6.4%	6.4%	1.76	21.86	4.93	28.55
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,736	2,002	2,270	24.2%	9.7%	9.7%	2.49	33.45	7.55	43.49
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	36,179	3,372	3,824	40.2%	16.4%	16.4%	4.15	56.35	12.71	73.20
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	9,092	1,128	1,279	10.1%	5.5%	5.5%	1.04	18.85	4.25	24.14
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	15,249	1,530	1,735	16.9%	7.4%	7.4%	1.75	25.57	5.77	33.08
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,470	1,917	2,174	21.6%	9.3%	9.3%	2.23	32.03	7.23	41.49
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,651	2,212	2,508	19.6%	10.7%	10.7%	2.02	36.96	8.34	47.32
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	13,053	1,673	1,897	14.5%	8.1%	8.1%	1.50	27.96	6.31	35.76

表附 6-2 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(3/4)

策略組合	情境編號	情境說明	發生機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,495	3,964	39.8%	17.0%	17.0%	4.11	58.40	13.18	75.68
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,077	1,221	16.2%	5.2%	5.2%	1.67	18.00	4.06	23.73
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,703	1,932	23.4%	8.3%	8.3%	2.41	28.46	6.42	37.29
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,004	3,406	39.5%	14.6%	14.6%	4.08	50.20	11.32	65.60
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	929	1,054	9.5%	4.5%	4.5%	0.98	15.52	3.50	20.01
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,276	1,447	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	21.32	4.81	27.82
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,629	1,847	21.1%	7.9%	7.9%	2.17	27.22	6.14	35.53
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,900	2,155	18.9%	9.2%	9.2%	1.95	31.75	7.16	40.86
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,413	1,603	13.9%	6.9%	6.9%	1.44	23.61	5.33	30.38
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,022	3,311	3,755	40.0%	16.1%	16.1%	4.13	55.33	12.48	71.94
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,841	882	1,000	16.5%	4.3%	4.3%	1.70	14.74	3.32	19.76
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,292	1,564	1,773	23.7%	7.6%	7.6%	2.44	26.13	5.89	34.47
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,793	2,814	3,191	39.8%	13.7%	13.7%	4.10	47.02	10.61	61.73
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,692	780	885	9.7%	3.8%	3.8%	1.00	13.03	2.94	16.97
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,886	1,117	1,267	16.5%	5.4%	5.4%	1.71	18.66	4.21	24.58
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,126	1,511	1,714	21.3%	7.3%	7.3%	2.19	25.25	5.70	33.14
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,230	1,714	1,944	19.1%	8.3%	8.3%	1.97	28.64	6.46	37.08
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,691	1,264	1,433	14.1%	6.1%	6.1%	1.45	21.12	4.76	27.34

表附 6-2 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,748	3,876	4,396	40.8%	18.8%	18.8%	4.21	64.77	14.61	83.59
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	15,705	1,115	1,264	17.5%	5.4%	5.4%	1.80	18.63	4.20	24.63
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	22,078	1,809	2,051	24.5%	8.8%	8.8%	2.53	30.23	6.82	39.58
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	36,488	3,220	3,652	40.5%	15.7%	15.7%	4.18	53.81	12.14	70.13
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	9,336	912	1,035	10.4%	4.4%	4.4%	1.07	15.24	3.44	19.75
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	15,515	1,290	1,463	17.2%	6.3%	6.3%	1.78	21.56	4.86	28.20
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,783	1,735	1,968	22.0%	8.4%	8.4%	2.27	28.99	6.54	37.80
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,970	2,084	2,364	20.0%	10.1%	10.1%	2.06	34.82	7.86	44.74
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	13,317	1,476	1,674	14.8%	7.2%	7.2%	1.53	24.66	5.56	31.75

表附 6-3 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(1/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	130.48	3.20	25.53	1.39	161.66	3.97	30.25	1.65
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	34.33	0.84	6.82	0.37	42.38	1.04	8.04	0.44
	H3	梅雨偏少+颱風正常	60.95	1.50	12.01	0.65	75.39	1.85	14.20	0.77
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	111.09	2.73	21.84	1.19	137.46	3.37	25.84	1.41
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	29.46	0.72	5.77	0.31	36.46	0.89	6.83	0.37
	H6	梅雨延遲+颱風正常	42.62	1.05	8.40	0.46	52.68	1.29	9.92	0.54
	H7	梅雨正常+颱風偏少	58.55	1.44	11.52	0.63	72.46	1.78	13.63	0.74
	H8	梅雨正常+颱風延遲	64.19	1.58	12.55	0.68	79.56	1.95	14.88	0.81
	H9	梅雨正常+颱風正常	48.08	1.18	9.39	0.51	59.59	1.46	11.14	0.61
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	158.86	3.90	30.92	1.69	197.09	4.84	36.72	2.00
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	45.01	1.10	8.85	0.48	55.69	1.37	10.47	0.57
	H3	梅雨偏少+颱風正常	77.68	1.91	15.20	0.83	96.24	2.36	18.01	0.98
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	131.47	3.23	25.71	1.40	162.90	4.00	30.48	1.66
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	39.61	0.97	7.70	0.42	49.17	1.21	9.15	0.50
	H6	梅雨延遲+颱風正常	54.64	1.34	10.69	0.58	67.69	1.66	12.66	0.69
	H7	梅雨正常+颱風偏少	72.77	1.79	14.21	0.77	90.21	2.21	16.86	0.92
	H8	梅雨正常+颱風延遲	86.85	2.13	16.85	0.92	107.84	2.65	20.04	1.09
	H9	梅雨正常+颱風正常	63.05	1.55	12.24	0.67	78.26	1.92	14.54	0.79

註：單位為百億元與%。

表附 6-3 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(2/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	144.31	3.54	28.16	1.54	178.93	4.39	33.41	1.82
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	42.51	1.04	8.39	0.46	52.60	1.29	9.92	0.54
	H3	梅雨偏少+颱風正常	70.29	1.72	13.80	0.75	86.97	2.13	16.32	0.89
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	123.40	3.03	24.18	1.32	152.80	3.75	28.64	1.56
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	36.02	0.88	7.03	0.38	44.64	1.10	8.33	0.45
	H6	梅雨延遲+颱風正常	51.53	1.26	10.10	0.55	63.80	1.57	11.96	0.65
	H7	梅雨正常+颱風偏少	67.38	1.65	13.20	0.72	83.44	2.05	15.63	0.85
	H8	梅雨正常+颱風延遲	75.76	1.86	14.75	0.80	93.97	2.31	17.51	0.95
	H9	梅雨正常+颱風正常	56.72	1.39	11.04	0.60	70.39	1.73	13.11	0.71
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	161.32	3.96	31.40	1.71	200.11	4.91	37.28	2.03
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	53.83	1.32	10.55	0.57	66.70	1.64	12.50	0.68
	H3	梅雨偏少+颱風正常	82.17	2.02	16.06	0.88	101.82	2.50	19.04	1.04
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	138.33	3.39	27.02	1.47	171.45	4.21	32.05	1.75
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	45.88	1.13	8.90	0.49	56.98	1.40	10.59	0.58
	H6	梅雨延遲+颱風正常	62.60	1.54	12.21	0.67	77.62	1.90	14.49	0.79
	H7	梅雨正常+颱風偏少	78.49	1.93	15.31	0.83	97.33	2.39	18.17	0.99
	H8	梅雨正常+颱風延遲	89.95	2.21	17.45	0.95	111.67	2.74	20.75	1.13
	H9	梅雨正常+颱風正常	67.99	1.67	13.19	0.72	84.42	2.07	15.68	0.85

註：單位為百億元與%。

表附 6-3 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(3/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	143.16	3.51	27.94	1.52	177.47	4.36	33.14	1.81
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	44.60	1.09	8.77	0.48	55.16	1.35	10.38	0.57
	H3	梅雨偏少+颱風正常	70.25	1.72	13.78	0.75	86.94	2.13	16.31	0.89
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	123.65	3.03	24.22	1.32	153.19	3.76	28.71	1.56
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	37.94	0.93	7.39	0.40	47.04	1.15	8.76	0.48
	H6	梅雨延遲+颱風正常	52.48	1.29	10.28	0.56	65.03	1.60	12.18	0.66
	H7	梅雨正常+颱風偏少	67.06	1.65	13.13	0.72	83.01	2.04	15.55	0.85
	H8	梅雨正常+颱風延遲	77.50	1.90	15.07	0.82	96.17	2.36	17.91	0.98
	H9	梅雨正常+颱風正常	57.62	1.41	11.21	0.61	71.50	1.75	13.31	0.73
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	135.88	3.33	26.55	1.45	168.40	4.13	31.49	1.72
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	36.87	0.90	7.31	0.40	45.53	1.12	8.62	0.47
	H3	梅雨偏少+颱風正常	64.75	1.59	12.74	0.69	80.10	1.97	15.07	0.82
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	116.18	2.85	22.81	1.24	143.80	3.53	27.00	1.47
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	32.03	0.79	6.26	0.34	39.71	0.97	7.43	0.41
	H6	梅雨延遲+颱風正常	46.21	1.13	9.09	0.50	57.17	1.40	10.75	0.59
	H7	梅雨正常+颱風偏少	62.37	1.53	12.24	0.67	77.19	1.89	14.49	0.79
	H8	梅雨正常+颱風延遲	70.18	1.72	13.69	0.75	87.03	2.14	16.24	0.89
	H9	梅雨正常+颱風正常	51.75	1.27	10.09	0.55	64.16	1.57	11.97	0.65

註：單位為百億元與%。

表附 6-3 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(4/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	158.37	3.89	30.85	1.68	196.45	4.82	36.62	2.00
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	46.24	1.13	9.10	0.50	57.19	1.40	10.77	0.59
	H3	梅雨偏少+颱風正常	74.55	1.83	14.62	0.80	92.31	2.27	17.31	0.94
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	132.35	3.25	25.90	1.41	163.97	4.02	30.69	1.67
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	37.35	0.92	7.29	0.40	46.30	1.14	8.64	0.47
	H6	梅雨延遲+颱風正常	53.15	1.30	10.42	0.57	65.79	1.61	12.33	0.67
	H7	梅雨正常+颱風偏少	71.32	1.75	13.96	0.76	88.36	2.17	16.54	0.90
	H8	梅雨正常+颱風延遲	84.95	2.08	16.51	0.90	105.40	2.59	19.62	1.07
	H9	梅雨正常+颱風正常	60.21	1.48	11.71	0.64	74.72	1.83	13.91	0.76

註：單位為百億元與%。

表附 6-4 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	6.51	64.28	18.00	4.10	3.35	0.87	4.37	5.09	1.36	2.70	4.26	0.74	1.59	1.53	0.73	11.00
	H2	2.33	16.59	4.64	1.06	0.86	0.22	1.14	1.31	0.35	0.70	1.10	0.19	0.41	0.40	0.19	2.84
	H3	3.56	29.74	8.33	1.90	1.55	0.40	2.03	2.36	0.63	1.25	1.97	0.34	0.74	0.71	0.34	5.10
	H4	6.15	54.38	15.24	3.47	2.83	0.73	3.71	4.31	1.15	2.29	3.61	0.63	1.35	1.30	0.62	9.32
	H5	1.52	14.48	4.05	0.92	0.75	0.20	0.99	1.15	0.31	0.61	0.96	0.17	0.36	0.35	0.16	2.48
	H6	2.49	20.79	5.82	1.33	1.08	0.28	1.42	1.65	0.44	0.88	1.38	0.24	0.52	0.50	0.24	3.56
	H7	3.27	28.65	8.03	1.83	1.49	0.39	1.95	2.27	0.60	1.21	1.90	0.33	0.71	0.68	0.33	4.91
	H8	3.13	31.66	8.87	2.02	1.65	0.43	2.15	2.51	0.67	1.33	2.10	0.36	0.78	0.75	0.36	5.42
	H9	2.32	23.73	6.65	1.51	1.23	0.32	1.61	1.88	0.50	1.00	1.57	0.27	0.59	0.57	0.27	4.06
S2	H1	6.99	78.76	22.06	5.02	4.10	1.06	5.35	6.23	1.66	3.30	5.22	0.91	1.94	1.88	0.90	13.48
	H2	2.51	22.03	6.17	1.41	1.15	0.30	1.50	1.74	0.46	0.93	1.46	0.25	0.55	0.53	0.25	3.77
	H3	3.84	38.28	10.73	2.44	1.99	0.52	2.60	3.03	0.81	1.61	2.54	0.44	0.95	0.91	0.44	6.55
	H4	6.50	64.80	18.15	4.13	3.37	0.87	4.41	5.13	1.37	2.72	4.30	0.75	1.60	1.54	0.74	11.09
	H5	1.69	19.67	5.51	1.25	1.02	0.27	1.34	1.56	0.41	0.82	1.30	0.23	0.48	0.47	0.22	3.37
	H6	2.69	26.93	7.55	1.72	1.40	0.36	1.83	2.13	0.57	1.13	1.79	0.31	0.67	0.64	0.31	4.61
	H7	3.51	35.91	10.06	2.29	1.87	0.48	2.44	2.84	0.76	1.51	2.38	0.41	0.89	0.86	0.41	6.15
	H8	3.51	43.23	12.11	2.75	2.25	0.58	2.93	3.42	0.91	1.81	2.87	0.50	1.06	1.03	0.49	7.40
	H9	2.57	31.37	8.79	2.00	1.63	0.42	2.13	2.48	0.66	1.31	2.08	0.36	0.77	0.75	0.36	5.37

註：單位為百億元。

表附 6-4 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	6.78	71.32	19.98	4.55	3.71	0.96	4.85	5.64	1.50	2.99	4.73	0.82	1.76	1.70	0.81	12.21
	H2	2.51	20.73	5.81	1.32	1.08	0.28	1.42	1.64	0.44	0.87	1.38	0.24	0.51	0.49	0.24	3.55
	H3	3.76	34.48	9.66	2.20	1.80	0.47	2.35	2.73	0.73	1.45	2.29	0.40	0.85	0.82	0.39	5.91
	H4	6.39	60.66	16.99	3.87	3.16	0.82	4.13	4.80	1.28	2.55	4.02	0.70	1.50	1.45	0.69	10.39
	H5	1.66	17.81	4.99	1.14	0.93	0.24	1.21	1.41	0.38	0.75	1.18	0.21	0.44	0.42	0.20	3.05
	H6	2.67	25.33	7.10	1.62	1.32	0.34	1.72	2.01	0.53	1.06	1.68	0.29	0.63	0.60	0.29	4.34
	H7	3.44	33.14	9.29	2.11	1.73	0.45	2.26	2.62	0.70	1.39	2.20	0.38	0.82	0.79	0.38	5.68
	H8	3.36	37.55	10.52	2.39	1.95	0.51	2.55	2.97	0.79	1.57	2.49	0.43	0.93	0.89	0.43	6.43
	H9	2.49	28.14	7.88	1.79	1.46	0.38	1.91	2.23	0.59	1.18	1.86	0.32	0.69	0.67	0.32	4.81
S4	H1	7.10	79.98	22.40	5.10	4.16	1.08	5.43	6.33	1.69	3.35	5.30	0.92	1.97	1.91	0.91	13.69
	H2	2.75	26.48	7.42	1.69	1.38	0.36	1.80	2.10	0.56	1.11	1.76	0.31	0.65	0.63	0.30	4.53
	H3	4.00	40.53	11.35	2.58	2.11	0.55	2.76	3.21	0.85	1.70	2.69	0.47	1.00	0.97	0.46	6.94
	H4	6.68	68.26	19.12	4.35	3.55	0.92	4.64	5.40	1.44	2.86	4.53	0.79	1.69	1.63	0.78	11.69
	H5	1.87	22.83	6.39	1.45	1.19	0.31	1.55	1.81	0.48	0.96	1.51	0.26	0.56	0.54	0.26	3.91
	H6	2.89	30.97	8.68	1.97	1.61	0.42	2.10	2.45	0.65	1.30	2.05	0.36	0.76	0.74	0.35	5.30
	H7	3.66	38.81	10.87	2.47	2.02	0.52	2.64	3.07	0.82	1.63	2.57	0.45	0.96	0.92	0.44	6.64
	H8	3.64	44.77	12.54	2.85	2.33	0.60	3.04	3.54	0.94	1.87	2.97	0.52	1.10	1.07	0.51	7.66
	H9	2.72	33.86	9.48	2.16	1.76	0.46	2.30	2.68	0.71	1.42	2.24	0.39	0.83	0.81	0.38	5.79

註：單位為百億元。

表附 6-4 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	6.72	70.75	19.82	4.51	3.68	0.95	4.81	5.60	1.49	2.97	4.69	0.82	1.75	1.69	0.80	12.11
	H2	2.51	21.81	6.11	1.39	1.14	0.29	1.49	1.73	0.46	0.92	1.45	0.25	0.54	0.52	0.25	3.74
	H3	3.72	34.48	9.66	2.20	1.80	0.47	2.35	2.73	0.73	1.45	2.29	0.40	0.85	0.82	0.39	5.91
	H4	6.36	60.82	17.03	3.88	3.17	0.82	4.14	4.81	1.28	2.56	4.03	0.70	1.50	1.45	0.69	10.41
	H5	1.67	18.80	5.27	1.20	0.98	0.25	1.28	1.49	0.40	0.79	1.25	0.22	0.46	0.45	0.21	3.22
	H6	2.66	25.83	7.24	1.65	1.34	0.35	1.76	2.04	0.54	1.09	1.71	0.30	0.64	0.62	0.29	4.42
	H7	3.41	32.98	9.24	2.10	1.72	0.45	2.25	2.61	0.70	1.39	2.19	0.38	0.82	0.79	0.38	5.65
	H8	3.35	38.46	10.77	2.45	2.00	0.52	2.61	3.04	0.81	1.61	2.55	0.44	0.95	0.92	0.44	6.58
	H9	2.48	28.60	8.01	1.82	1.49	0.39	1.94	2.26	0.60	1.20	1.90	0.33	0.70	0.68	0.33	4.89
S6	H1	6.62	67.03	18.78	4.27	3.49	0.90	4.56	5.31	1.41	2.81	4.44	0.77	1.66	1.60	0.76	11.47
	H2	2.41	17.86	5.00	1.14	0.93	0.24	1.22	1.41	0.38	0.75	1.19	0.21	0.44	0.43	0.20	3.06
	H3	3.65	31.67	8.87	2.02	1.65	0.43	2.16	2.51	0.67	1.33	2.10	0.37	0.78	0.76	0.36	5.42
	H4	6.26	56.97	15.96	3.64	2.97	0.77	3.88	4.51	1.20	2.40	3.78	0.66	1.41	1.36	0.65	9.76
	H5	1.59	15.79	4.42	1.01	0.82	0.21	1.07	1.25	0.33	0.66	1.05	0.18	0.39	0.38	0.18	2.70
	H6	2.57	22.62	6.34	1.44	1.18	0.31	1.54	1.79	0.48	0.95	1.50	0.26	0.56	0.54	0.26	3.87
	H7	3.35	30.59	8.57	1.95	1.59	0.41	2.09	2.42	0.65	1.29	2.03	0.35	0.76	0.73	0.35	5.24
	H8	3.25	34.70	9.72	2.21	1.81	0.47	2.36	2.75	0.73	1.46	2.30	0.40	0.86	0.83	0.39	5.94
	H9	2.40	25.59	7.17	1.63	1.33	0.35	1.74	2.03	0.54	1.07	1.70	0.29	0.63	0.61	0.29	4.38

註：單位為百億元。

表附 6-4 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	7.09	78.46	21.98	5.00	4.08	1.06	5.33	6.21	1.65	3.29	5.20	0.90	1.93	1.87	0.89	13.43
	H2	2.67	22.58	6.32	1.44	1.18	0.30	1.54	1.79	0.48	0.95	1.50	0.26	0.56	0.54	0.26	3.87
	H3	3.91	36.62	10.26	2.34	1.91	0.49	2.49	2.90	0.77	1.54	2.43	0.42	0.91	0.87	0.42	6.27
	H4	6.62	65.19	18.26	4.16	3.39	0.88	4.44	5.16	1.38	2.74	4.32	0.75	1.61	1.55	0.74	11.16
	H5	1.75	18.46	5.17	1.18	0.96	0.25	1.26	1.46	0.39	0.77	1.22	0.21	0.46	0.44	0.21	3.16
	H6	2.76	26.12	7.32	1.67	1.36	0.35	1.78	2.07	0.55	1.10	1.73	0.30	0.65	0.62	0.30	4.47
	H7	3.58	35.12	9.84	2.24	1.83	0.47	2.39	2.78	0.74	1.48	2.33	0.40	0.87	0.84	0.40	6.01
	H8	3.59	42.18	11.82	2.69	2.20	0.57	2.86	3.34	0.89	1.77	2.80	0.49	1.04	1.01	0.48	7.22
	H9	2.62	29.88	8.37	1.90	1.55	0.40	2.03	2.36	0.63	1.25	1.98	0.34	0.74	0.71	0.34	5.11

註：單位為百億元。

表附 6-5 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	6.93	82.54	19.3	5.24	4.27	1.09	5.56	6.50	1.70	3.43	5.44	0.93	2.00	1.96	0.92	13.85
	H2	2.44	21.30	4.98	1.35	1.10	0.28	1.44	1.68	0.44	0.89	1.40	0.24	0.52	0.50	0.24	3.58
	H3	3.76	38.20	8.93	2.43	1.98	0.50	2.58	3.01	0.79	1.59	2.52	0.43	0.93	0.91	0.42	6.41
	H4	6.51	69.84	16.34	4.44	3.61	0.92	4.71	5.50	1.44	2.91	4.60	0.79	1.70	1.65	0.78	11.72
	H5	1.62	18.59	4.34	1.18	0.96	0.25	1.25	1.46	0.38	0.77	1.23	0.21	0.45	0.44	0.21	3.12
	H6	2.63	26.70	6.24	1.70	1.38	0.35	1.80	2.10	0.55	1.11	1.76	0.30	0.65	0.63	0.30	4.48
	H7	3.46	36.79	8.61	2.34	1.90	0.49	2.48	2.90	0.76	1.53	2.43	0.41	0.90	0.87	0.41	6.18
	H8	3.34	40.66	9.51	2.58	2.10	0.54	2.74	3.20	0.84	1.69	2.68	0.46	0.99	0.96	0.45	6.82
	H9	2.47	30.47	7.13	1.93	1.58	0.40	2.05	2.40	0.63	1.27	2.01	0.34	0.74	0.72	0.34	5.11
S2	H1	7.51	101.15	23.66	6.42	5.23	1.34	6.80	7.96	2.08	4.20	6.66	1.14	2.45	2.40	1.12	16.97
	H2	2.66	28.29	6.61	1.80	1.46	0.37	1.91	2.23	0.58	1.18	1.86	0.32	0.69	0.67	0.31	4.75
	H3	4.10	49.16	11.50	3.12	2.54	0.65	3.31	3.87	1.01	2.04	3.24	0.55	1.19	1.16	0.55	8.25
	H4	6.92	83.22	19.46	5.28	4.31	1.10	5.60	6.55	1.71	3.46	5.48	0.94	2.02	1.97	0.92	13.96
	H5	1.82	25.27	5.91	1.60	1.31	0.33	1.70	1.99	0.52	1.05	1.66	0.28	0.61	0.60	0.28	4.24
	H6	2.87	34.58	8.09	2.19	1.79	0.46	2.33	2.72	0.71	1.44	2.28	0.39	0.84	0.82	0.38	5.80
	H7	3.75	46.12	10.79	2.93	2.39	0.61	3.10	3.63	0.95	1.92	3.04	0.52	1.12	1.09	0.51	7.74
	H8	3.80	55.52	12.99	3.52	2.87	0.73	3.73	4.37	1.14	2.30	3.66	0.63	1.34	1.31	0.62	9.31
	H9	2.78	40.29	9.42	2.55	2.08	0.53	2.71	3.17	0.83	1.67	2.65	0.45	0.97	0.95	0.45	6.76

註：單位為百億元。

表附 6-5 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	7.25	91.59	21.42	5.81	4.74	1.21	6.16	7.21	1.89	3.8	6.04	1.03	2.22	2.17	1.02	15.37
	H2	2.65	26.63	6.23	1.69	1.38	0.35	1.80	2.10	0.55	1.11	1.76	0.30	0.65	0.63	0.30	4.47
	H3	3.98	44.28	10.35	2.81	2.29	0.58	2.98	3.48	0.91	1.84	2.92	0.50	1.08	1.05	0.49	7.43
	H4	6.79	77.89	18.21	4.94	4.03	1.03	5.25	6.13	1.60	3.24	5.13	0.88	1.89	1.85	0.87	13.07
	H5	1.77	22.88	5.35	1.45	1.18	0.30	1.54	1.80	0.47	0.95	1.51	0.26	0.55	0.54	0.25	3.84
	H6	2.84	32.52	7.61	2.06	1.68	0.43	2.19	2.56	0.67	1.35	2.14	0.37	0.79	0.77	0.36	5.46
	H7	3.66	42.56	9.96	2.70	2.20	0.56	2.87	3.35	0.88	1.77	2.8	0.48	1.03	1.01	0.47	7.14
	H8	3.60	48.22	11.28	3.06	2.49	0.64	3.24	3.79	0.99	2.00	3.18	0.54	1.17	1.14	0.54	8.09
	H9	2.68	36.13	8.45	2.29	1.87	0.48	2.43	2.84	0.74	1.50	2.38	0.41	0.87	0.86	0.40	6.06
S4	H1	7.63	102.71	24.02	6.51	5.31	1.36	6.90	8.08	2.11	4.26	6.77	1.16	2.49	2.43	1.14	17.23
	H2	2.93	34.01	7.96	2.16	1.76	0.45	2.29	2.68	0.70	1.41	2.24	0.38	0.83	0.81	0.38	5.71
	H3	4.27	52.05	12.17	3.30	2.69	0.69	3.50	4.10	1.07	2.16	3.43	0.59	1.26	1.23	0.58	8.73
	H4	7.13	87.66	20.50	5.56	4.54	1.16	5.90	6.90	1.80	3.64	5.78	0.99	2.13	2.08	0.97	14.71
	H5	2.02	29.32	6.86	1.86	1.52	0.39	1.97	2.31	0.60	1.22	1.93	0.33	0.71	0.69	0.33	4.92
	H6	3.09	39.77	9.30	2.52	2.06	0.53	2.67	3.13	0.82	1.65	2.62	0.45	0.96	0.94	0.44	6.67
	H7	3.92	49.84	11.66	3.16	2.58	0.66	3.35	3.92	1.03	2.07	3.28	0.56	1.21	1.18	0.55	8.36
	H8	3.93	57.50	13.45	3.65	2.97	0.76	3.86	4.52	1.18	2.38	3.79	0.65	1.39	1.36	0.64	9.64
	H9	2.94	43.49	10.17	2.76	2.25	0.57	2.92	3.42	0.90	1.80	2.86	0.49	1.05	1.03	0.48	7.29

註：單位為百億元。

表附 6-5 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	7.19	90.86	21.25	5.76	4.70	1.20	6.11	7.15	1.87	3.77	5.99	1.02	2.20	2.15	1.01	15.24
	H2	2.65	28.00	6.55	1.78	1.45	0.37	1.89	2.20	0.58	1.17	1.85	0.32	0.68	0.66	0.31	4.70
	H3	3.94	44.28	10.36	2.81	2.29	0.58	2.98	3.48	0.91	1.84	2.92	0.50	1.08	1.05	0.49	7.43
	H4	6.77	78.10	18.26	4.96	4.04	1.03	5.26	6.15	1.61	3.25	5.15	0.88	1.90	1.85	0.87	13.11
	H5	1.79	24.15	5.65	1.53	1.25	0.32	1.62	1.90	0.50	1.00	1.59	0.27	0.58	0.57	0.27	4.05
	H6	2.83	33.17	7.76	2.11	1.72	0.44	2.23	2.61	0.68	1.38	2.19	0.37	0.81	0.79	0.37	5.57
	H7	3.63	42.35	9.90	2.69	2.19	0.56	2.85	3.33	0.87	1.76	2.79	0.48	1.03	1.00	0.47	7.11
	H8	3.61	49.39	11.55	3.13	2.55	0.65	3.32	3.89	1.02	2.05	3.25	0.56	1.20	1.17	0.55	8.28
	H9	2.67	36.73	8.59	2.33	1.90	0.48	2.47	2.89	0.76	1.52	2.42	0.41	0.89	0.87	0.41	6.16
S6	H1	7.06	86.08	20.13	5.46	4.45	1.14	5.79	6.77	1.77	3.58	5.67	0.97	2.09	2.04	0.96	14.44
	H2	2.52	22.94	5.36	1.46	1.19	0.30	1.55	1.81	0.47	0.96	1.51	0.26	0.56	0.54	0.25	3.85
	H3	3.86	40.67	9.51	2.58	2.10	0.54	2.74	3.2	0.84	1.69	2.68	0.46	0.99	0.96	0.45	6.83
	H4	6.64	73.16	17.11	4.65	3.79	0.97	4.93	5.76	1.51	3.04	4.82	0.82	1.78	1.73	0.81	12.28
	H5	1.69	20.28	4.74	1.29	1.05	0.27	1.36	1.60	0.42	0.84	1.34	0.23	0.49	0.48	0.23	3.40
	H6	2.72	29.04	6.79	1.84	1.50	0.38	1.96	2.29	0.60	1.21	1.91	0.33	0.71	0.69	0.32	4.88
	H7	3.55	39.29	9.19	2.49	2.03	0.52	2.65	3.09	0.81	1.63	2.59	0.44	0.95	0.93	0.44	6.59
	H8	3.48	44.56	10.42	2.83	2.31	0.59	3.00	3.51	0.92	1.85	2.94	0.50	1.08	1.06	0.50	7.48
	H9	2.57	32.86	7.68	2.08	1.70	0.43	2.21	2.59	0.68	1.36	2.17	0.37	0.80	0.78	0.37	5.51

註：單位為百億元。

表附 6-5 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	7.61	100.76	23.57	6.39	5.21	1.33	6.77	7.93	2.07	4.18	6.64	1.14	2.44	2.39	1.12	16.90
	H2	2.82	28.99	6.78	1.84	1.50	0.38	1.96	2.28	0.60	1.21	1.91	0.33	0.71	0.69	0.32	4.87
	H3	4.15	47.03	11.00	2.99	2.43	0.62	3.17	3.70	0.97	1.96	3.10	0.53	1.14	1.11	0.52	7.89
	H4	7.05	83.71	19.58	5.31	4.33	1.11	5.64	6.59	1.72	3.48	5.52	0.94	2.03	1.98	0.93	14.05
	H5	1.87	23.71	5.55	1.50	1.23	0.31	1.59	1.87	0.49	0.98	1.56	0.27	0.57	0.56	0.26	3.98
	H6	2.93	33.54	7.84	2.13	1.74	0.44	2.26	2.64	0.69	1.39	2.21	0.38	0.81	0.79	0.37	5.63
	H7	3.81	45.11	10.55	2.86	2.33	0.60	3.04	3.55	0.93	1.87	2.97	0.51	1.09	1.07	0.50	7.57
	H8	3.87	54.17	12.67	3.44	2.80	0.72	3.64	4.26	1.12	2.25	3.57	0.61	1.31	1.28	0.60	9.09
	H9	2.81	38.37	8.97	2.43	1.98	0.51	2.58	3.02	0.79	1.59	2.53	0.43	0.93	0.91	0.43	6.44

註：單位為百億元。

表附 6-6 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	2.31	7.74	9.06	1.09	0.20	0.36	1.31	0.45	0.61	0.89	0.62	0.35	0.31	0.05	0.18	0.30
	H2	0.83	2.00	2.34	0.28	0.05	0.09	0.34	0.12	0.16	0.23	0.16	0.09	0.08	0.01	0.05	0.08
	H3	1.26	3.58	4.19	0.50	0.09	0.17	0.61	0.21	0.28	0.41	0.29	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14
	H4	2.18	6.55	7.67	0.92	0.17	0.31	1.11	0.38	0.51	0.75	0.52	0.30	0.26	0.04	0.15	0.25
	H5	0.54	1.74	2.04	0.25	0.05	0.08	0.30	0.10	0.14	0.20	0.14	0.08	0.07	0.01	0.04	0.07
	H6	0.88	2.50	2.93	0.35	0.07	0.12	0.43	0.15	0.20	0.29	0.20	0.11	0.10	0.02	0.06	0.10
	H7	1.16	3.45	4.04	0.49	0.09	0.16	0.59	0.20	0.27	0.40	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
	H8	1.11	3.81	4.47	0.54	0.10	0.18	0.65	0.22	0.30	0.44	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.15
	H9	0.82	2.86	3.35	0.40	0.07	0.13	0.48	0.17	0.22	0.33	0.23	0.13	0.11	0.02	0.07	0.11
S2	H1	2.48	9.48	11.11	1.33	0.25	0.44	1.60	0.55	0.74	1.09	0.76	0.43	0.38	0.06	0.22	0.36
	H2	0.89	2.65	3.10	0.37	0.07	0.12	0.45	0.15	0.21	0.31	0.21	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.36	4.61	5.40	0.65	0.12	0.22	0.78	0.27	0.36	0.53	0.37	0.21	0.18	0.03	0.11	0.18
	H4	2.30	7.80	9.14	1.10	0.20	0.37	1.32	0.45	0.61	0.90	0.62	0.36	0.31	0.05	0.18	0.30
	H5	0.60	2.37	2.78	0.33	0.06	0.11	0.40	0.14	0.19	0.27	0.19	0.11	0.09	0.01	0.06	0.09
	H6	0.96	3.24	3.80	0.46	0.08	0.15	0.55	0.19	0.25	0.37	0.26	0.15	0.13	0.02	0.08	0.12
	H7	1.24	4.32	5.06	0.61	0.11	0.20	0.73	0.25	0.34	0.50	0.34	0.20	0.17	0.03	0.10	0.17
	H8	1.25	5.20	6.10	0.73	0.14	0.24	0.88	0.30	0.41	0.60	0.41	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H9	0.91	3.78	4.42	0.53	0.10	0.18	0.64	0.22	0.30	0.43	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14

註：單位為百億元。

表附 6-6 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	2.40	8.58	10.06	1.21	0.22	0.40	1.45	0.50	0.67	0.99	0.68	0.39	0.34	0.05	0.20	0.33
	H2	0.89	2.50	2.93	0.35	0.06	0.12	0.42	0.14	0.20	0.29	0.20	0.11	0.10	0.02	0.06	0.10
	H3	1.33	4.15	4.86	0.58	0.11	0.19	0.70	0.24	0.32	0.48	0.33	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H4	2.27	7.30	8.55	1.03	0.19	0.34	1.24	0.42	0.57	0.84	0.58	0.33	0.29	0.05	0.17	0.28
	H5	0.59	2.14	2.51	0.30	0.06	0.10	0.36	0.12	0.17	0.25	0.17	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H6	0.95	3.05	3.57	0.43	0.08	0.14	0.52	0.18	0.24	0.35	0.24	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12
	H7	1.22	3.99	4.67	0.56	0.10	0.19	0.68	0.23	0.31	0.46	0.32	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H8	1.19	4.52	5.29	0.64	0.12	0.21	0.76	0.26	0.35	0.52	0.36	0.21	0.18	0.03	0.11	0.17
	H9	0.88	3.39	3.97	0.48	0.09	0.16	0.57	0.20	0.26	0.39	0.27	0.15	0.14	0.02	0.08	0.13
S4	H1	2.52	9.63	11.28	1.35	0.25	0.45	1.63	0.56	0.75	1.11	0.77	0.44	0.38	0.06	0.23	0.37
	H2	0.98	3.19	3.74	0.45	0.08	0.15	0.54	0.19	0.25	0.37	0.25	0.15	0.13	0.02	0.07	0.12
	H3	1.42	4.88	5.71	0.69	0.13	0.23	0.83	0.28	0.38	0.56	0.39	0.22	0.20	0.03	0.11	0.19
	H4	2.37	8.22	9.63	1.16	0.21	0.39	1.39	0.48	0.64	0.94	0.66	0.37	0.33	0.05	0.19	0.31
	H5	0.66	2.75	3.22	0.39	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.32	0.22	0.13	0.11	0.02	0.06	0.11
	H6	1.02	3.73	4.37	0.52	0.10	0.17	0.63	0.22	0.29	0.43	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14
	H7	1.30	4.67	5.47	0.66	0.12	0.22	0.79	0.27	0.37	0.54	0.37	0.21	0.19	0.03	0.11	0.18
	H8	1.29	5.39	6.31	0.76	0.14	0.25	0.91	0.31	0.42	0.62	0.43	0.25	0.22	0.03	0.13	0.21
	H9	0.96	4.08	4.77	0.57	0.11	0.19	0.69	0.24	0.32	0.47	0.32	0.19	0.16	0.03	0.10	0.16

註：單位為百億元。

表附 6-6 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	2.39	8.52	9.98	1.20	0.22	0.40	1.44	0.49	0.67	0.98	0.68	0.39	0.34	0.05	0.20	0.33
	H2	0.89	2.62	3.07	0.37	0.07	0.12	0.45	0.15	0.21	0.30	0.21	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.32	4.15	4.86	0.58	0.11	0.19	0.70	0.24	0.32	0.48	0.33	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H4	2.26	7.32	8.58	1.03	0.19	0.34	1.24	0.43	0.57	0.84	0.58	0.33	0.29	0.05	0.17	0.28
	H5	0.59	2.26	2.65	0.32	0.06	0.11	0.38	0.13	0.18	0.26	0.18	0.10	0.09	0.01	0.05	0.09
	H6	0.94	3.11	3.64	0.44	0.08	0.15	0.53	0.18	0.24	0.36	0.25	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12
	H7	1.21	3.97	4.65	0.56	0.10	0.19	0.67	0.23	0.31	0.46	0.32	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H8	1.19	4.63	5.42	0.65	0.12	0.22	0.78	0.27	0.36	0.53	0.37	0.21	0.18	0.03	0.11	0.18
	H9	0.88	3.44	4.03	0.48	0.09	0.16	0.58	0.20	0.27	0.40	0.27	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
S6	H1	2.35	8.07	9.45	1.13	0.21	0.38	1.37	0.47	0.63	0.93	0.64	0.37	0.32	0.05	0.19	0.31
	H2	0.85	2.15	2.52	0.30	0.06	0.10	0.37	0.12	0.17	0.25	0.17	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H3	1.30	3.81	4.46	0.54	0.10	0.18	0.65	0.22	0.30	0.44	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.15
	H4	2.22	6.86	8.03	0.97	0.18	0.32	1.16	0.40	0.54	0.79	0.55	0.31	0.28	0.04	0.16	0.26
	H5	0.56	1.90	2.23	0.27	0.05	0.09	0.32	0.11	0.15	0.22	0.15	0.09	0.08	0.01	0.04	0.07
	H6	0.91	2.72	3.19	0.38	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H7	1.19	3.68	4.31	0.52	0.10	0.17	0.62	0.21	0.29	0.42	0.29	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14
	H8	1.15	4.18	4.89	0.59	0.11	0.20	0.71	0.24	0.33	0.48	0.33	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H9	0.85	3.08	3.61	0.43	0.08	0.14	0.52	0.18	0.24	0.35	0.25	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12

註：單位為百億元。

表附 6-6 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	2.51	9.44	11.07	1.33	0.25	0.44	1.60	0.55	0.74	1.08	0.75	0.43	0.38	0.06	0.22	0.36
	H2	0.95	2.72	3.18	0.38	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.39	4.41	5.16	0.62	0.11	0.21	0.75	0.26	0.34	0.51	0.35	0.20	0.18	0.03	0.10	0.17
	H4	2.35	7.85	9.19	1.10	0.20	0.37	1.33	0.46	0.61	0.90	0.63	0.36	0.31	0.05	0.18	0.30
	H5	0.62	2.22	2.60	0.31	0.06	0.10	0.38	0.13	0.17	0.26	0.18	0.10	0.09	0.01	0.05	0.09
	H6	0.98	3.14	3.68	0.44	0.08	0.15	0.53	0.18	0.25	0.36	0.25	0.14	0.13	0.02	0.07	0.12
	H7	1.27	4.23	4.95	0.59	0.11	0.20	0.72	0.25	0.33	0.49	0.34	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H8	1.27	5.08	5.95	0.71	0.13	0.24	0.86	0.29	0.40	0.58	0.40	0.23	0.20	0.03	0.12	0.19
	H9	0.93	3.60	4.21	0.51	0.09	0.17	0.61	0.21	0.28	0.41	0.29	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14

註：單位為百億元。

表附 6-7 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	2.46	9.94	9.72	1.39	0.26	0.46	1.67	0.57	0.76	1.13	0.79	0.44	0.39	0.06	0.23	0.37
	H2	0.87	2.56	2.51	0.36	0.07	0.12	0.43	0.15	0.20	0.29	0.20	0.11	0.10	0.02	0.06	0.10
	H3	1.33	4.60	4.50	0.64	0.12	0.21	0.77	0.27	0.35	0.52	0.36	0.20	0.18	0.03	0.11	0.17
	H4	2.31	8.41	8.22	1.18	0.22	0.39	1.41	0.49	0.64	0.96	0.67	0.37	0.33	0.05	0.19	0.32
	H5	0.57	2.24	2.19	0.31	0.06	0.10	0.38	0.13	0.17	0.25	0.18	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H6	0.93	3.21	3.14	0.45	0.08	0.15	0.54	0.19	0.25	0.37	0.25	0.14	0.13	0.02	0.07	0.12
	H7	1.23	4.43	4.33	0.62	0.11	0.20	0.74	0.26	0.34	0.50	0.35	0.20	0.17	0.03	0.10	0.17
	H8	1.18	4.89	4.79	0.68	0.13	0.22	0.82	0.28	0.37	0.56	0.39	0.22	0.19	0.03	0.11	0.18
	H9	0.88	3.67	3.59	0.51	0.09	0.17	0.61	0.21	0.28	0.42	0.29	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14
S2	H1	2.66	12.18	11.91	1.70	0.31	0.56	2.04	0.70	0.93	1.38	0.96	0.54	0.48	0.08	0.28	0.46
	H2	0.94	3.41	3.33	0.48	0.09	0.16	0.57	0.20	0.26	0.39	0.27	0.15	0.13	0.02	0.08	0.13
	H3	1.45	5.92	5.79	0.83	0.15	0.27	0.99	0.34	0.45	0.67	0.47	0.26	0.23	0.04	0.14	0.22
	H4	2.46	10.02	9.80	1.40	0.26	0.46	1.68	0.58	0.76	1.14	0.79	0.45	0.39	0.06	0.23	0.38
	H5	0.65	3.04	2.98	0.43	0.08	0.14	0.51	0.18	0.23	0.35	0.24	0.14	0.12	0.02	0.07	0.11
	H6	1.02	4.16	4.07	0.58	0.11	0.19	0.70	0.24	0.32	0.47	0.33	0.19	0.16	0.03	0.10	0.16
	H7	1.33	5.55	5.43	0.78	0.14	0.25	0.93	0.32	0.42	0.63	0.44	0.25	0.22	0.03	0.13	0.21
	H8	1.35	6.68	6.54	0.93	0.17	0.31	1.12	0.39	0.51	0.76	0.53	0.30	0.26	0.04	0.15	0.25
	H9	0.98	4.85	4.74	0.68	0.13	0.22	0.81	0.28	0.37	0.55	0.38	0.22	0.19	0.03	0.11	0.18

註：單位為百億元。

表附 6-7 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	2.57	11.02	10.78	1.54	0.29	0.51	1.85	0.64	0.84	1.25	0.87	0.49	0.43	0.07	0.25	0.41
	H2	0.94	3.20	3.14	0.45	0.08	0.15	0.54	0.19	0.24	0.37	0.25	0.14	0.13	0.02	0.07	0.12
	H3	1.41	5.33	5.21	0.75	0.14	0.24	0.89	0.31	0.41	0.61	0.42	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H4	2.41	9.38	9.17	1.31	0.24	0.43	1.57	0.54	0.72	1.07	0.74	0.42	0.37	0.06	0.21	0.35
	H5	0.63	2.75	2.69	0.39	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H6	1.01	3.91	3.83	0.55	0.10	0.18	0.66	0.23	0.30	0.45	0.31	0.17	0.15	0.02	0.09	0.15
	H7	1.30	5.12	5.01	0.72	0.13	0.24	0.86	0.30	0.39	0.58	0.41	0.23	0.20	0.03	0.12	0.19
	H8	1.28	5.80	5.68	0.81	0.15	0.27	0.97	0.33	0.44	0.66	0.46	0.26	0.23	0.04	0.13	0.22
	H9	0.95	4.35	4.25	0.61	0.11	0.20	0.73	0.25	0.33	0.49	0.34	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
S4	H1	2.71	12.36	12.09	1.73	0.32	0.57	2.07	0.71	0.94	1.41	0.98	0.55	0.49	0.08	0.28	0.46
	H2	1.04	4.09	4.01	0.57	0.11	0.19	0.69	0.24	0.31	0.47	0.32	0.18	0.16	0.03	0.09	0.15
	H3	1.51	6.26	6.13	0.88	0.16	0.29	1.05	0.36	0.48	0.71	0.50	0.28	0.25	0.04	0.14	0.23
	H4	2.53	10.55	10.32	1.48	0.27	0.48	1.77	0.61	0.81	1.20	0.84	0.47	0.42	0.07	0.24	0.40
	H5	0.72	3.53	3.45	0.49	0.09	0.16	0.59	0.20	0.27	0.40	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
	H6	1.10	4.79	4.68	0.67	0.12	0.22	0.80	0.28	0.37	0.54	0.38	0.21	0.19	0.03	0.11	0.18
	H7	1.39	6.00	5.87	0.84	0.16	0.28	1.00	0.35	0.46	0.68	0.48	0.27	0.24	0.04	0.14	0.22
	H8	1.40	6.92	6.77	0.97	0.18	0.32	1.16	0.40	0.53	0.79	0.55	0.31	0.27	0.04	0.16	0.26
	H9	1.04	5.23	5.12	0.73	0.14	0.24	0.87	0.30	0.40	0.59	0.41	0.23	0.21	0.03	0.12	0.20

註：單位為百億元。

表附 6-7 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	2.55	10.94	10.70	1.53	0.28	0.50	1.83	0.63	0.83	1.24	0.87	0.49	0.43	0.07	0.25	0.41
	H2	0.94	3.37	3.30	0.47	0.09	0.15	0.57	0.19	0.26	0.38	0.27	0.15	0.13	0.02	0.08	0.13
	H3	1.40	5.33	5.21	0.75	0.14	0.24	0.89	0.31	0.41	0.61	0.42	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H4	2.40	9.40	9.19	1.32	0.24	0.43	1.58	0.54	0.72	1.07	0.75	0.42	0.37	0.06	0.22	0.35
	H5	0.63	2.91	2.84	0.41	0.08	0.13	0.49	0.17	0.22	0.33	0.23	0.13	0.11	0.02	0.07	0.11
	H6	1.00	3.99	3.91	0.56	0.10	0.18	0.67	0.23	0.30	0.45	0.32	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H7	1.29	5.10	4.99	0.71	0.13	0.23	0.85	0.29	0.39	0.58	0.40	0.23	0.20	0.03	0.12	0.19
	H8	1.28	5.95	5.82	0.83	0.15	0.27	0.99	0.34	0.45	0.68	0.47	0.26	0.23	0.04	0.14	0.22
	H9	0.95	4.42	4.33	0.62	0.11	0.20	0.74	0.26	0.34	0.50	0.35	0.20	0.17	0.03	0.10	0.17
S6	H1	2.51	10.36	10.13	1.45	0.27	0.48	1.74	0.60	0.79	1.18	0.82	0.46	0.41	0.06	0.24	0.39
	H2	0.90	2.76	2.70	0.39	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.32	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.37	4.89	4.79	0.69	0.13	0.22	0.82	0.28	0.37	0.56	0.39	0.22	0.19	0.03	0.11	0.18
	H4	2.35	8.81	8.61	1.23	0.23	0.40	1.48	0.51	0.67	1.00	0.70	0.39	0.35	0.05	0.20	0.33
	H5	0.60	2.44	2.39	0.34	0.06	0.11	0.41	0.14	0.19	0.28	0.19	0.11	0.10	0.02	0.06	0.09
	H6	0.96	3.50	3.42	0.49	0.09	0.16	0.59	0.20	0.27	0.40	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
	H7	1.26	4.73	4.63	0.66	0.12	0.22	0.79	0.27	0.36	0.54	0.37	0.21	0.19	0.03	0.11	0.18
	H8	1.24	5.36	5.25	0.75	0.14	0.25	0.90	0.31	0.41	0.61	0.42	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H9	0.91	3.96	3.87	0.55	0.10	0.18	0.66	0.23	0.30	0.45	0.31	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15

註：單位為百億元。

表附 6-7 RCP4.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	2.70	12.13	11.86	1.70	0.31	0.56	2.03	0.70	0.93	1.38	0.96	0.54	0.48	0.07	0.28	0.45
	H2	1.00	3.49	3.41	0.49	0.09	0.16	0.59	0.20	0.27	0.40	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
	H3	1.47	5.66	5.54	0.79	0.15	0.26	0.95	0.33	0.43	0.64	0.45	0.25	0.22	0.03	0.13	0.21
	H4	2.50	10.08	9.86	1.41	0.26	0.46	1.69	0.58	0.77	1.15	0.80	0.45	0.40	0.06	0.23	0.38
	H5	0.66	2.85	2.79	0.40	0.07	0.13	0.48	0.16	0.22	0.32	0.23	0.13	0.11	0.02	0.07	0.11
	H6	1.04	4.04	3.95	0.57	0.10	0.19	0.68	0.23	0.31	0.46	0.32	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H7	1.35	5.43	5.31	0.76	0.14	0.25	0.91	0.31	0.41	0.62	0.43	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H8	1.37	6.52	6.38	0.91	0.17	0.30	1.09	0.38	0.50	0.74	0.52	0.29	0.26	0.04	0.15	0.24
	H9	1.00	4.62	4.52	0.65	0.12	0.21	0.77	0.27	0.35	0.52	0.37	0.21	0.18	0.03	0.11	0.17

註：單位為百億元。

表附 6-8 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,155	3,578	39.6%	15.3%	15.3%	4.08	40.93	11.89	56.91
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	819	929	16.1%	4.0%	4.0%	1.66	10.63	3.09	15.37
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,462	1,658	23.3%	7.1%	7.1%	2.40	18.97	5.51	26.88
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	2,670	3,028	39.1%	13.0%	13.0%	4.03	34.64	10.07	48.74
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	715	811	9.4%	3.5%	3.5%	0.97	9.28	2.70	12.94
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	13,945	1,011	1,146	15.5%	4.9%	4.9%	1.60	13.12	3.81	18.52
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,378	1,563	20.1%	6.7%	6.7%	2.07	17.88	5.20	25.14
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	1,530	1,735	18.5%	7.4%	7.4%	1.90	19.85	5.77	27.52
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,160	1,316	13.6%	5.6%	5.6%	1.41	15.05	4.37	20.83
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,865	4,383	39.6%	18.8%	18.8%	4.08	50.15	14.57	68.80
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	1,090	1,236	16.1%	5.3%	5.3%	1.66	14.14	4.11	19.91
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,885	2,138	23.3%	9.2%	9.2%	2.40	24.46	7.11	33.97
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	3,189	3,617	39.1%	15.5%	15.5%	4.03	41.38	12.02	57.43
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	972	1,103	9.4%	4.7%	4.7%	0.97	12.61	3.67	17.24
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	13,945	1,315	1,492	15.5%	6.4%	6.4%	1.60	17.06	4.96	23.62
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,728	1,960	20.1%	8.4%	8.4%	2.07	22.42	6.52	31.00
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	2,100	2,381	18.5%	10.2%	10.2%	1.90	27.25	7.92	37.07
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,532	1,737	13.6%	7.4%	7.4%	1.41	19.88	5.77	27.06

表附 6-8 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,882	3,501	3,970	39.9%	17.0%	17.0%	4.11	45.42	13.20	62.73
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,772	1,025	1,162	16.4%	5.0%	5.0%	1.69	13.30	3.86	18.85
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,273	1,694	1,921	23.6%	8.2%	8.2%	2.44	21.98	6.39	30.80
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,417	2,977	3,376	39.4%	14.5%	14.5%	4.06	38.63	11.22	53.91
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,663	880	998	9.6%	4.3%	4.3%	0.99	11.42	3.32	15.73
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,172	1,232	1,397	15.7%	6.0%	6.0%	1.62	15.98	4.64	22.25
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,299	1,596	1,810	20.3%	7.8%	7.8%	2.10	20.71	6.02	28.82
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,881	1,816	2,059	18.8%	8.8%	8.8%	1.93	23.56	6.84	32.34
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,510	1,378	1,563	13.9%	6.7%	6.7%	1.43	17.88	5.20	24.51
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	36,205	3,928	4,454	40.2%	19.1%	19.1%	4.15	50.96	14.81	69.92
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	15,183	1,310	1,486	16.9%	6.4%	6.4%	1.74	17.00	4.94	23.68
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,641	1,995	2,262	24.0%	9.7%	9.7%	2.48	25.88	7.52	35.88
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,743	3,357	3,807	39.7%	16.3%	16.3%	4.10	43.56	12.66	60.31
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,895	1,124	1,275	9.9%	5.5%	5.5%	1.02	14.58	4.24	19.84
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,438	1,509	1,712	16.0%	7.3%	7.3%	1.65	19.58	5.69	26.92
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,554	1,869	2,120	20.6%	9.1%	9.1%	2.13	24.25	7.05	33.42
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	17,213	2,171	2,462	19.1%	10.6%	10.6%	1.97	28.17	8.18	38.32
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,805	1,660	1,883	14.2%	8.1%	8.1%	1.47	21.54	6.26	29.26

表附 6-8 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(3/4)

策略組合	情境編號	情境說明	發生機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,476	3,942	39.6%	16.9%	16.9%	4.08	45.10	13.10	62.28
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	1,077	1,222	16.1%	5.2%	5.2%	1.66	13.97	4.06	19.69
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,697	1,925	23.3%	8.2%	8.2%	2.40	22.02	6.40	30.82
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	2,987	3,388	39.1%	14.5%	14.5%	4.03	38.76	11.26	54.05
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	929	1,054	9.4%	4.5%	4.5%	0.97	12.05	3.50	16.52
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	13,945	1,260	1,429	15.5%	6.1%	6.1%	1.60	16.35	4.75	22.70
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,592	1,805	20.1%	7.7%	7.7%	2.07	20.66	6.00	28.72
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	1,866	2,116	18.5%	9.1%	9.1%	1.90	24.21	7.03	33.15
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,401	1,589	13.6%	6.8%	6.8%	1.41	18.18	5.28	24.87
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,807	3,290	3,731	39.8%	16.0%	16.0%	4.10	42.69	12.40	59.19
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,647	881	999	16.3%	4.3%	4.3%	1.68	11.43	3.32	16.43
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,178	1,557	1,765	23.5%	7.6%	7.6%	2.43	20.20	5.87	28.50
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,360	2,798	3,173	39.3%	13.6%	13.6%	4.05	36.30	10.55	50.90
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,586	780	885	9.5%	3.8%	3.8%	0.98	10.12	2.94	14.05
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,113	1,100	1,248	15.7%	5.3%	5.3%	1.62	14.27	4.15	20.04
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,239	1,472	1,670	20.3%	7.2%	7.2%	2.09	19.10	5.55	26.74
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,824	1,675	1,899	18.7%	8.1%	8.1%	1.93	21.73	6.31	29.97
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,447	1,252	1,420	13.8%	6.1%	6.1%	1.43	16.24	4.72	22.39

表附 6-8 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	36,512	3,850	4,366	40.6%	18.7%	18.7%	4.18	49.95	14.51	68.65
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	15,594	1,115	1,265	17.3%	5.4%	5.4%	1.79	14.47	4.21	20.46
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	22,000	1,801	2,042	24.4%	8.8%	8.8%	2.52	23.37	6.79	32.68
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	36,053	3,207	3,637	40.1%	15.6%	15.6%	4.13	41.61	12.09	57.83
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	9,153	910	1,032	10.2%	4.4%	4.4%	1.05	11.81	3.43	16.29
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,741	1,269	1,439	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	16.46	4.78	22.94
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,849	1,676	1,901	20.9%	8.1%	8.1%	2.16	21.75	6.32	30.22
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	17,546	2,047	2,321	19.5%	9.9%	9.9%	2.01	26.56	7.72	36.29
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	13,094	1,461	1,656	14.5%	7.1%	7.1%	1.50	18.96	5.50	25.96

表附 6-9 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,155	3,578	39.6%	15.3%	15.3%	4.08	52.72	11.89	68.69
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	819	929	16.1%	4.0%	4.0%	1.66	13.69	3.09	18.43
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,462	1,658	23.3%	7.1%	7.1%	2.40	24.43	5.51	32.34
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	2,670	3,028	39.1%	13.0%	13.0%	4.03	44.62	10.07	58.71
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	715	811	9.4%	3.5%	3.5%	0.97	11.95	2.70	15.61
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	13,945	1,011	1,146	15.5%	4.9%	4.9%	1.60	16.89	3.81	22.30
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,378	1,563	20.1%	6.7%	6.7%	2.07	23.03	5.20	30.29
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	1,530	1,735	18.5%	7.4%	7.4%	1.90	25.57	5.77	33.24
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,160	1,316	13.6%	5.6%	5.6%	1.41	19.38	4.37	25.16
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,865	4,383	39.6%	18.8%	18.8%	4.08	64.58	14.57	83.23
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	1,090	1,236	16.1%	5.3%	5.3%	1.66	18.21	4.11	23.98
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,885	2,138	23.3%	9.2%	9.2%	2.40	31.50	7.11	41.01
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	3,189	3,617	39.1%	15.5%	15.5%	4.03	53.29	12.02	69.34
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	972	1,103	9.4%	4.7%	4.7%	0.97	16.24	3.67	20.87
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	13,945	1,315	1,492	15.5%	6.4%	6.4%	1.60	21.97	4.96	28.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,728	1,960	20.1%	8.4%	8.4%	2.07	28.87	6.52	37.46
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	2,100	2,381	18.5%	10.2%	10.2%	1.90	35.09	7.92	44.91
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,532	1,737	13.6%	7.4%	7.4%	1.41	25.60	5.77	32.78

表附 6-9 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,882	3,501	3,970	39.9%	17.0%	17.0%	4.11	58.50	13.20	75.81
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,772	1,025	1,162	16.4%	5.0%	5.0%	1.69	17.13	3.86	22.68
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,273	1,694	1,921	23.6%	8.2%	8.2%	2.44	28.31	6.39	37.13
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,417	2,977	3,376	39.4%	14.5%	14.5%	4.06	49.75	11.22	65.03
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,663	880	998	9.6%	4.3%	4.3%	0.99	14.70	3.32	19.01
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,172	1,232	1,397	15.7%	6.0%	6.0%	1.62	20.59	4.64	26.85
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,299	1,596	1,810	20.3%	7.8%	7.8%	2.10	26.67	6.02	34.78
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,881	1,816	2,059	18.8%	8.8%	8.8%	1.93	30.34	6.84	39.12
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,510	1,378	1,563	13.9%	6.7%	6.7%	1.43	23.03	5.20	29.66
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	36,205	3,928	4,454	40.2%	19.1%	19.1%	4.15	65.64	14.81	84.59
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	15,183	1,310	1,486	16.9%	6.4%	6.4%	1.74	21.89	4.94	28.57
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,641	1,995	2,262	24.0%	9.7%	9.7%	2.48	33.34	7.52	43.34
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,743	3,357	3,807	39.7%	16.3%	16.3%	4.10	56.09	12.66	72.85
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,895	1,124	1,275	9.9%	5.5%	5.5%	1.02	18.78	4.24	24.04
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,438	1,509	1,712	16.0%	7.3%	7.3%	1.65	25.22	5.69	32.56
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,554	1,869	2,120	20.6%	9.1%	9.1%	2.13	31.23	7.05	40.40
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	17,213	2,171	2,462	19.1%	10.6%	10.6%	1.97	36.28	8.18	46.43
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,805	1,660	1,883	14.2%	8.1%	8.1%	1.47	27.74	6.26	35.47

表附 6-9 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,476	3,942	39.6%	16.9%	16.9%	4.08	58.08	13.10	75.27
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	1,077	1,222	16.1%	5.2%	5.2%	1.66	18.00	4.06	23.71
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,697	1,925	23.3%	8.2%	8.2%	2.40	28.36	6.40	37.16
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	2,987	3,388	39.1%	14.5%	14.5%	4.03	49.91	11.26	65.21
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	929	1,054	9.4%	4.5%	4.5%	0.97	15.52	3.50	19.99
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	13,945	1,260	1,429	15.5%	6.1%	6.1%	1.60	21.05	4.75	27.40
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,592	1,805	20.1%	7.7%	7.7%	2.07	26.60	6.00	34.67
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	1,866	2,116	18.5%	9.1%	9.1%	1.90	31.18	7.03	40.12
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,401	1,589	13.6%	6.8%	6.8%	1.41	23.41	5.28	30.10
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,807	3,290	3,731	39.8%	16.0%	16.0%	4.10	54.98	12.40	71.48
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,647	881	999	16.3%	4.3%	4.3%	1.68	14.72	3.32	19.72
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,178	1,557	1,765	23.5%	7.6%	7.6%	2.43	26.02	5.87	34.31
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,360	2,798	3,173	39.3%	13.6%	13.6%	4.05	46.75	10.55	61.35
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,586	780	885	9.5%	3.8%	3.8%	0.98	13.03	2.94	16.96
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,113	1,100	1,248	15.7%	5.3%	5.3%	1.62	18.38	4.15	24.15
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,239	1,472	1,670	20.3%	7.2%	7.2%	2.09	24.60	5.55	32.24
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,824	1,675	1,899	18.7%	8.1%	8.1%	1.93	27.99	6.31	36.23
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,447	1,252	1,420	13.8%	6.1%	6.1%	1.43	20.92	4.72	27.07

表附 6-9 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊(情境二：南科地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)			
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	生活	合計
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	36,512	3,850	4,366	40.6%	18.7%	18.7%	4.18	64.33	14.51	83.03
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	15,594	1,115	1,265	17.3%	5.4%	5.4%	1.79	18.63	4.21	24.62
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	22,000	1,801	2,042	24.4%	8.8%	8.8%	2.52	30.09	6.79	39.40
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	36,053	3,207	3,637	40.1%	15.6%	15.6%	4.13	53.59	12.09	69.81
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	9,153	910	1,032	10.2%	4.4%	4.4%	1.05	15.21	3.43	19.69
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10	14,741	1,269	1,439	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	21.20	4.78	27.68
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,849	1,676	1,901	20.9%	8.1%	8.1%	2.16	28.01	6.32	36.48
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	17,546	2,047	2,321	19.5%	9.9%	9.9%	2.01	34.20	7.72	43.93
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	13,094	1,461	1,656	14.5%	7.1%	7.1%	1.50	24.41	5.50	31.42

表附 6-10 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(1/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	129.66	3.18	25.37	1.38	160.62	3.94	30.06	1.64
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	34.33	0.84	6.82	0.37	42.37	1.04	8.04	0.44
	H3	梅雨偏少+颱風正常	60.64	1.49	11.95	0.65	75.02	1.84	14.13	0.77
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	110.36	2.71	21.69	1.18	136.60	3.35	25.67	1.40
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	29.46	0.72	5.77	0.31	36.46	0.89	6.83	0.37
	H6	梅雨延遲+颱風正常	41.89	1.03	8.24	0.45	51.80	1.27	9.75	0.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	56.96	1.40	11.19	0.61	70.49	1.73	13.25	0.72
	H8	梅雨正常+颱風延遲	62.79	1.54	12.28	0.67	77.81	1.91	14.55	0.79
	H9	梅雨正常+颱風正常	47.59	1.17	9.30	0.51	58.95	1.45	11.02	0.60
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	157.81	3.87	30.72	1.67	195.75	4.80	36.47	1.99
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	45.09	1.11	8.86	0.48	55.77	1.37	10.48	0.57
	H3	梅雨偏少+颱風正常	77.42	1.90	15.14	0.83	95.95	2.35	17.95	0.98
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	130.94	3.21	25.60	1.40	162.24	3.98	30.35	1.65
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	39.60	0.97	7.70	0.42	49.16	1.21	9.15	0.50
	H6	梅雨延遲+颱風正常	53.94	1.32	10.54	0.57	66.85	1.64	12.49	0.68
	H7	梅雨正常+颱風偏少	70.83	1.74	13.83	0.75	87.79	2.15	16.40	0.89
	H8	梅雨正常+颱風延遲	85.37	2.09	16.56	0.90	105.99	2.60	19.69	1.07
	H9	梅雨正常+颱風正常	62.30	1.53	12.09	0.66	77.33	1.90	14.37	0.78

註：單位為百億元與%。

表附 6-10 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(2/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	143.41	3.52	27.99	1.53	177.78	4.36	33.20	1.81
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	42.54	1.04	8.39	0.46	52.61	1.29	9.91	0.54
	H3	梅雨偏少+颱風正常	69.91	1.72	13.72	0.75	86.53	2.12	16.24	0.89
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	122.58	3.01	24.01	1.31	151.79	3.72	28.44	1.55
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	36.01	0.88	7.02	0.38	44.64	1.10	8.33	0.45
	H6	梅雨延遲+颱風正常	50.67	1.24	9.92	0.54	62.76	1.54	11.75	0.64
	H7	梅雨正常+颱風偏少	65.63	1.61	12.85	0.70	81.28	1.99	15.22	0.83
	H8	梅雨正常+颱風延遲	74.18	1.82	14.44	0.79	91.97	2.26	17.14	0.93
	H9	梅雨正常+颱風正常	56.23	1.38	10.94	0.60	69.78	1.71	13.00	0.71
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	160.37	3.94	31.22	1.70	198.94	4.88	37.07	2.02
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	53.89	1.32	10.55	0.58	66.76	1.64	12.50	0.68
	H3	梅雨偏少+颱風正常	81.89	2.01	16.01	0.87	101.46	2.49	18.97	1.03
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	137.68	3.38	26.89	1.47	170.64	4.19	31.89	1.74
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	45.69	1.12	8.86	0.48	56.73	1.39	10.54	0.57
	H6	梅雨延遲+颱風正常	61.69	1.51	12.02	0.66	76.52	1.88	14.27	0.78
	H7	梅雨正常+颱風偏少	76.48	1.88	14.92	0.81	94.83	2.33	17.70	0.96
	H8	梅雨正常+颱風延遲	88.29	2.17	17.13	0.93	109.60	2.69	20.36	1.11
	H9	梅雨正常+颱風正常	67.47	1.66	13.08	0.71	83.76	2.06	15.56	0.85

註：單位為百億元與%。

表附 6-10 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(3/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	142.37	3.49	27.78	1.51	176.49	4.33	32.96	1.80
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	44.58	1.09	8.76	0.48	55.14	1.35	10.37	0.57
	H3	梅雨偏少+颱風正常	69.97	1.72	13.72	0.75	86.64	2.13	16.25	0.89
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	122.97	3.02	24.09	1.31	152.29	3.74	28.54	1.56
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	37.92	0.93	7.38	0.40	47.03	1.15	8.76	0.48
	H6	梅雨延遲+颱風正常	51.76	1.27	10.12	0.55	64.11	1.57	11.99	0.65
	H7	梅雨正常+颱風偏少	65.44	1.61	12.80	0.70	81.09	1.99	15.18	0.83
	H8	梅雨正常+颱風延遲	76.11	1.87	14.81	0.81	94.45	2.32	17.58	0.96
	H9	梅雨正常+颱風正常	57.12	1.40	11.11	0.61	70.87	1.74	13.19	0.72
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	135.04	3.31	26.39	1.44	167.34	4.11	31.29	1.71
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	36.81	0.90	7.29	0.40	45.47	1.12	8.61	0.47
	H3	梅雨偏少+颱風正常	64.46	1.58	12.68	0.69	79.75	1.96	15.00	0.82
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	115.48	2.83	22.67	1.24	142.95	3.51	26.83	1.46
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	32.01	0.79	6.25	0.34	39.70	0.97	7.43	0.40
	H6	梅雨延遲+颱風正常	45.42	1.11	8.92	0.49	56.25	1.38	10.56	0.58
	H7	梅雨正常+颱風偏少	60.70	1.49	11.91	0.65	75.16	1.84	14.10	0.77
	H8	梅雨正常+颱風延遲	68.57	1.68	13.38	0.73	85.00	2.09	15.87	0.86
	H9	梅雨正常+颱風正常	51.22	1.26	9.99	0.54	63.52	1.56	11.85	0.65

註：單位為百億元與%。

表附 6-10 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之缺水產業關聯效果(4/4)

策略組合	情境編號	情境說明	情境一：臺南地區				情境二：南科地區			
			總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比	總產出 (百億元)	占全國 百分比	總 GDP 效果 (百億元)	占全國 百分比
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	157.33	3.86	30.64	1.67	195.12	4.79	36.38	1.98
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	46.23	1.13	9.10	0.50	57.17	1.40	10.76	0.59
	H3	梅雨偏少+颱風正常	74.22	1.82	14.55	0.79	91.91	2.26	17.24	0.94
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	131.79	3.23	25.78	1.41	163.27	4.01	30.56	1.67
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	37.24	0.91	7.26	0.40	46.18	1.13	8.62	0.47
	H6	梅雨延遲+颱風正常	52.21	1.28	10.23	0.56	64.67	1.59	12.11	0.66
	H7	梅雨正常+颱風偏少	68.89	1.69	13.48	0.73	85.32	2.09	15.97	0.87
	H8	梅雨正常+颱風延遲	83.42	2.05	16.21	0.88	103.50	2.54	19.26	1.05
	H9	梅雨正常+颱風正常	59.59	1.46	11.59	0.63	73.94	1.81	13.77	0.75

註：單位為百億元與%。

表附 6-11 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	6.47	63.87	17.89	4.07	3.32	0.86	4.35	5.06	1.35	2.68	4.23	0.74	1.58	1.52	0.73	10.94
	H2	2.32	16.59	4.65	1.06	0.86	0.22	1.14	1.31	0.35	0.70	1.10	0.19	0.41	0.40	0.19	2.84
	H3	3.54	29.60	8.29	1.89	1.54	0.40	2.02	2.34	0.62	1.25	1.96	0.34	0.73	0.71	0.34	5.07
	H4	6.09	54.06	15.14	3.45	2.81	0.73	3.69	4.28	1.14	2.27	3.58	0.62	1.34	1.29	0.61	9.26
	H5	1.51	14.48	4.06	0.92	0.75	0.20	0.99	1.15	0.31	0.61	0.96	0.17	0.36	0.35	0.16	2.48
	H6	2.38	20.47	5.73	1.31	1.07	0.28	1.40	1.62	0.43	0.86	1.36	0.24	0.51	0.49	0.23	3.51
	H7	3.13	27.90	7.82	1.78	1.45	0.38	1.90	2.21	0.59	1.17	1.85	0.32	0.69	0.67	0.32	4.78
	H8	3.06	30.97	8.68	1.98	1.61	0.42	2.11	2.45	0.65	1.30	2.05	0.36	0.76	0.74	0.35	5.30
	H9	2.28	23.48	6.58	1.50	1.22	0.32	1.60	1.86	0.50	0.99	1.56	0.27	0.58	0.56	0.27	4.02
S2	H1	6.94	78.24	21.92	4.99	4.07	1.06	5.31	6.19	1.65	3.28	5.19	0.90	1.93	1.86	0.89	13.39
	H2	2.50	22.07	6.18	1.41	1.15	0.30	1.51	1.75	0.47	0.93	1.46	0.25	0.55	0.53	0.25	3.78
	H3	3.83	38.16	10.69	2.43	1.99	0.52	2.60	3.02	0.80	1.60	2.53	0.44	0.94	0.91	0.43	6.53
	H4	6.44	64.56	18.09	4.12	3.36	0.87	4.39	5.11	1.36	2.71	4.28	0.74	1.59	1.54	0.73	11.05
	H5	1.68	19.67	5.51	1.25	1.02	0.27	1.34	1.56	0.41	0.82	1.30	0.23	0.48	0.47	0.22	3.37
	H6	2.59	26.62	7.46	1.70	1.39	0.36	1.81	2.11	0.56	1.12	1.76	0.31	0.66	0.63	0.30	4.56
	H7	3.37	34.98	9.80	2.23	1.82	0.47	2.38	2.77	0.74	1.47	2.32	0.40	0.86	0.83	0.40	5.99
	H8	3.44	42.50	11.90	2.71	2.21	0.57	2.88	3.36	0.90	1.78	2.82	0.49	1.05	1.01	0.48	7.27
	H9	2.53	31.01	8.68	1.98	1.61	0.42	2.10	2.45	0.65	1.30	2.06	0.36	0.76	0.74	0.35	5.30

註：單位為百億元。

表附 6-11 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	6.73	70.87	19.85	4.52	3.69	0.96	4.82	5.61	1.49	2.97	4.70	0.82	1.75	1.69	0.81	12.13
	H2	2.49	20.75	5.81	1.33	1.08	0.28	1.42	1.64	0.44	0.87	1.38	0.24	0.52	0.49	0.24	3.56
	H3	3.74	34.30	9.61	2.19	1.79	0.46	2.34	2.72	0.72	1.44	2.27	0.40	0.85	0.82	0.39	5.87
	H4	6.33	60.27	16.88	3.85	3.14	0.81	4.10	4.77	1.27	2.53	4.00	0.69	1.49	1.44	0.69	10.32
	H5	1.65	17.81	4.99	1.14	0.93	0.24	1.21	1.41	0.38	0.75	1.18	0.21	0.44	0.42	0.20	3.05
	H6	2.56	24.94	6.99	1.59	1.30	0.34	1.70	1.97	0.53	1.05	1.65	0.29	0.62	0.59	0.28	4.27
	H7	3.31	32.31	9.05	2.06	1.68	0.44	2.20	2.56	0.68	1.36	2.14	0.37	0.80	0.77	0.37	5.53
	H8	3.28	36.76	10.30	2.34	1.91	0.50	2.50	2.91	0.78	1.54	2.44	0.42	0.91	0.88	0.42	6.29
	H9	2.45	27.89	7.81	1.78	1.45	0.38	1.89	2.21	0.59	1.17	1.85	0.32	0.69	0.66	0.32	4.77
S4	H1	7.06	79.51	22.27	5.07	4.14	1.07	5.40	6.29	1.68	3.33	5.27	0.92	1.96	1.89	0.90	13.61
	H2	2.73	26.52	7.43	1.69	1.38	0.36	1.81	2.10	0.56	1.11	1.76	0.31	0.66	0.63	0.30	4.54
	H3	3.98	40.39	11.31	2.58	2.10	0.55	2.75	3.20	0.85	1.70	2.68	0.47	1.00	0.96	0.46	6.91
	H4	6.62	67.96	19.04	4.33	3.54	0.92	4.62	5.38	1.43	2.85	4.51	0.78	1.68	1.62	0.77	11.63
	H5	1.84	22.75	6.37	1.45	1.18	0.31	1.54	1.80	0.48	0.95	1.51	0.26	0.56	0.54	0.26	3.89
	H6	2.78	30.55	8.56	1.95	1.59	0.41	2.08	2.42	0.64	1.28	2.02	0.35	0.75	0.73	0.35	5.23
	H7	3.52	37.83	10.60	2.41	1.97	0.51	2.57	2.99	0.80	1.59	2.51	0.44	0.93	0.90	0.43	6.48
	H8	3.56	43.94	12.31	2.80	2.29	0.59	2.98	3.48	0.93	1.84	2.91	0.51	1.08	1.05	0.50	7.52
	H9	2.68	33.60	9.41	2.14	1.75	0.45	2.28	2.66	0.71	1.41	2.23	0.39	0.83	0.80	0.38	5.75

註：單位為百億元。

表附 6-11 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	6.68	70.37	19.71	4.49	3.66	0.95	4.78	5.57	1.48	2.95	4.66	0.81	1.74	1.68	0.80	12.04
	H2	2.49	21.81	6.11	1.39	1.14	0.29	1.49	1.73	0.46	0.92	1.45	0.25	0.54	0.52	0.25	3.74
	H3	3.70	34.36	9.63	2.19	1.79	0.46	2.34	2.72	0.72	1.44	2.28	0.40	0.85	0.82	0.39	5.88
	H4	6.30	60.47	16.94	3.86	3.15	0.82	4.12	4.79	1.28	2.54	4.01	0.70	1.50	1.44	0.69	10.36
	H5	1.65	18.80	5.27	1.20	0.98	0.25	1.28	1.49	0.40	0.79	1.25	0.22	0.46	0.45	0.21	3.22
	H6	2.55	25.51	7.15	1.63	1.33	0.34	1.74	2.02	0.54	1.07	1.69	0.29	0.63	0.61	0.29	4.37
	H7	3.27	32.23	9.03	2.06	1.68	0.43	2.19	2.55	0.68	1.35	2.14	0.37	0.80	0.77	0.37	5.52
	H8	3.28	37.77	10.58	2.41	1.97	0.51	2.56	2.99	0.80	1.58	2.50	0.44	0.93	0.90	0.43	6.46
	H9	2.44	28.36	7.94	1.81	1.48	0.38	1.92	2.24	0.60	1.19	1.88	0.33	0.70	0.68	0.32	4.85
S6	H1	6.58	66.60	18.66	4.25	3.47	0.90	4.53	5.27	1.40	2.80	4.42	0.77	1.64	1.59	0.76	11.40
	H2	2.38	17.84	5.00	1.14	0.93	0.24	1.22	1.41	0.38	0.75	1.18	0.21	0.44	0.43	0.20	3.06
	H3	3.63	31.53	8.83	2.01	1.64	0.43	2.15	2.50	0.67	1.33	2.09	0.36	0.78	0.75	0.36	5.40
	H4	6.20	56.65	15.87	3.62	2.95	0.76	3.86	4.49	1.20	2.38	3.76	0.65	1.40	1.35	0.64	9.70
	H5	1.57	15.79	4.42	1.01	0.82	0.21	1.07	1.25	0.33	0.66	1.05	0.18	0.39	0.38	0.18	2.70
	H6	2.46	22.27	6.24	1.42	1.16	0.30	1.52	1.76	0.47	0.94	1.48	0.26	0.55	0.53	0.25	3.81
	H7	3.22	29.80	8.35	1.90	1.55	0.40	2.03	2.36	0.63	1.25	1.98	0.34	0.74	0.71	0.34	5.10
	H8	3.18	33.91	9.50	2.16	1.76	0.46	2.30	2.68	0.72	1.42	2.25	0.39	0.84	0.81	0.39	5.80
	H9	2.36	25.34	7.10	1.62	1.32	0.34	1.72	2.01	0.53	1.06	1.68	0.29	0.62	0.60	0.29	4.34

註：單位為百億元。

表附 6-11 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	7.04	77.93	21.83	4.97	4.06	1.05	5.29	6.17	1.64	3.27	5.17	0.90	1.92	1.86	0.89	13.34
	H2	2.65	22.58	6.33	1.44	1.18	0.30	1.54	1.79	0.48	0.95	1.50	0.26	0.56	0.54	0.26	3.87
	H3	3.90	36.46	10.21	2.33	1.90	0.49	2.48	2.89	0.77	1.53	2.42	0.42	0.90	0.87	0.41	6.24
	H4	6.56	64.92	18.19	4.14	3.38	0.88	4.42	5.14	1.37	2.73	4.30	0.75	1.60	1.55	0.74	11.12
	H5	1.73	18.42	5.16	1.17	0.96	0.25	1.25	1.46	0.39	0.77	1.22	0.21	0.45	0.44	0.21	3.15
	H6	2.65	25.69	7.20	1.64	1.34	0.35	1.75	2.03	0.54	1.08	1.70	0.30	0.64	0.61	0.29	4.40
	H7	3.43	33.93	9.51	2.16	1.77	0.46	2.31	2.69	0.72	1.42	2.25	0.39	0.84	0.81	0.39	5.81
	H8	3.52	41.43	11.61	2.64	2.16	0.56	2.81	3.28	0.87	1.74	2.75	0.48	1.02	0.99	0.47	7.09
	H9	2.58	29.57	8.28	1.88	1.54	0.40	2.01	2.34	0.62	1.24	1.96	0.34	0.73	0.70	0.34	5.06

註：單位為百億元。

表附 6-12 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	6.89	82.02	19.18	5.21	4.24	1.08	5.52	6.45	1.69	3.41	5.41	0.92	1.99	1.94	0.91	13.76
	H2	2.43	21.30	4.98	1.35	1.10	0.28	1.44	1.68	0.44	0.89	1.40	0.24	0.52	0.50	0.24	3.58
	H3	3.74	38.01	8.89	2.42	1.97	0.50	2.57	2.99	0.78	1.58	2.51	0.43	0.93	0.90	0.42	6.38
	H4	6.45	69.42	16.24	4.41	3.59	0.92	4.68	5.46	1.43	2.89	4.58	0.78	1.69	1.64	0.77	11.65
	H5	1.61	18.59	4.35	1.18	0.96	0.25	1.25	1.46	0.38	0.77	1.23	0.21	0.45	0.44	0.21	3.12
	H6	2.52	26.29	6.15	1.67	1.36	0.35	1.77	2.07	0.54	1.09	1.73	0.30	0.64	0.62	0.29	4.41
	H7	3.32	35.83	8.38	2.28	1.85	0.47	2.42	2.82	0.74	1.49	2.36	0.40	0.87	0.85	0.40	6.01
	H8	3.26	39.78	9.30	2.52	2.06	0.53	2.68	3.13	0.82	1.65	2.62	0.45	0.96	0.94	0.44	6.67
	H9	2.43	30.16	7.05	1.91	1.56	0.40	2.03	2.37	0.62	1.25	1.99	0.34	0.73	0.71	0.34	5.06
S2	H1	7.46	100.47	23.50	6.37	5.20	1.33	6.75	7.90	2.07	4.17	6.62	1.13	2.43	2.38	1.12	16.85
	H2	2.64	28.34	6.63	1.80	1.47	0.37	1.91	2.23	0.58	1.18	1.87	0.32	0.69	0.67	0.31	4.76
	H3	4.08	49.01	11.46	3.11	2.54	0.65	3.30	3.86	1.01	2.04	3.23	0.55	1.19	1.16	0.54	8.22
	H4	6.86	82.91	19.39	5.26	4.29	1.09	5.58	6.52	1.71	3.44	5.46	0.93	2.01	1.96	0.92	13.91
	H5	1.81	25.27	5.91	1.60	1.31	0.33	1.70	1.99	0.52	1.05	1.66	0.28	0.61	0.60	0.28	4.24
	H6	2.76	34.19	8.00	2.17	1.77	0.45	2.30	2.69	0.70	1.42	2.25	0.39	0.83	0.81	0.38	5.74
	H7	3.60	44.92	10.51	2.85	2.32	0.59	3.02	3.53	0.92	1.87	2.96	0.51	1.09	1.06	0.50	7.54
	H8	3.72	54.59	12.76	3.46	2.82	0.72	3.66	4.29	1.12	2.26	3.60	0.62	1.32	1.29	0.61	9.15
	H9	2.73	39.82	9.31	2.52	2.06	0.53	2.67	3.13	0.82	1.65	2.62	0.45	0.96	0.94	0.44	6.68

註：單位為百億元。

表附 6-12 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	7.20	91.01	21.28	5.77	4.71	1.20	6.12	7.16	1.87	3.78	6.00	1.03	2.21	2.16	1.01	15.27
	H2	2.63	26.65	6.23	1.69	1.38	0.35	1.80	2.10	0.55	1.11	1.76	0.30	0.65	0.63	0.30	4.48
	H3	3.96	44.04	10.30	2.80	2.28	0.58	2.97	3.47	0.91	1.83	2.90	0.50	1.07	1.04	0.49	7.39
	H4	6.72	77.40	18.10	4.91	4.00	1.02	5.21	6.09	1.59	3.22	5.10	0.87	1.88	1.83	0.86	12.99
	H5	1.77	22.88	5.35	1.45	1.18	0.30	1.54	1.80	0.47	0.95	1.51	0.26	0.55	0.54	0.25	3.84
	H6	2.72	32.03	7.49	2.03	1.66	0.42	2.16	2.52	0.66	1.33	2.11	0.36	0.78	0.76	0.36	5.37
	H7	3.52	41.49	9.70	2.63	2.15	0.55	2.79	3.27	0.85	1.72	2.73	0.47	1.01	0.98	0.46	6.96
	H8	3.52	47.21	11.04	2.99	2.44	0.62	3.17	3.71	0.97	1.96	3.11	0.53	1.14	1.12	0.52	7.92
	H9	2.64	35.82	8.38	2.27	1.85	0.47	2.41	2.82	0.74	1.49	2.36	0.40	0.87	0.85	0.40	6.01
S4	H1	7.58	102.11	23.88	6.48	5.28	1.35	6.86	8.03	2.10	4.24	6.73	1.15	2.47	2.42	1.13	17.13
	H2	2.91	34.06	7.97	2.16	1.76	0.45	2.29	2.68	0.70	1.42	2.24	0.38	0.83	0.81	0.38	5.72
	H3	4.25	51.87	12.13	3.29	2.68	0.68	3.49	4.08	1.07	2.15	3.42	0.58	1.26	1.23	0.58	8.70
	H4	7.07	87.27	20.41	5.54	4.51	1.15	5.87	6.87	1.80	3.62	5.75	0.98	2.12	2.07	0.97	14.64
	H5	1.99	29.22	6.83	1.85	1.51	0.39	1.96	2.30	0.60	1.21	1.92	0.33	0.71	0.69	0.32	4.90
	H6	2.98	39.23	9.18	2.49	2.03	0.52	2.64	3.09	0.81	1.63	2.58	0.44	0.95	0.93	0.44	6.58
	H7	3.77	48.59	11.36	3.08	2.51	0.64	3.27	3.82	1.00	2.02	3.20	0.55	1.18	1.15	0.54	8.15
	H8	3.85	56.43	13.20	3.58	2.92	0.74	3.79	4.44	1.16	2.34	3.72	0.64	1.36	1.34	0.63	9.46
	H9	2.90	43.15	10.09	2.74	2.23	0.57	2.90	3.39	0.89	1.79	2.84	0.49	1.04	1.02	0.48	7.24

註：單位為百億元。

表附 6-12 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	7.15	90.36	21.13	5.73	4.67	1.19	6.08	7.11	1.86	3.75	5.95	1.02	2.19	2.14	1.00	15.16
	H2	2.63	28.00	6.55	1.78	1.45	0.37	1.89	2.20	0.58	1.17	1.85	0.32	0.68	0.66	0.31	4.70
	H3	3.93	44.12	10.32	2.80	2.28	0.58	2.97	3.47	0.91	1.83	2.91	0.50	1.07	1.05	0.49	7.41
	H4	6.70	77.66	18.16	4.93	4.02	1.03	5.23	6.11	1.60	3.23	5.12	0.88	1.89	1.84	0.86	13.03
	H5	1.78	24.15	5.65	1.53	1.25	0.32	1.62	1.90	0.50	1.00	1.59	0.27	0.58	0.57	0.27	4.05
	H6	2.72	32.76	7.66	2.08	1.69	0.43	2.20	2.58	0.67	1.36	2.16	0.37	0.79	0.78	0.36	5.50
	H7	3.49	41.39	9.68	2.63	2.14	0.55	2.79	3.26	0.85	1.72	2.73	0.47	1.00	0.98	0.46	6.95
	H8	3.53	48.51	11.34	3.08	2.51	0.64	3.26	3.82	1.00	2.01	3.20	0.55	1.17	1.15	0.54	8.14
	H9	2.62	36.42	8.52	2.31	1.88	0.48	2.45	2.87	0.75	1.51	2.40	0.41	0.88	0.86	0.40	6.11
S6	H1	7.02	85.53	20.00	5.43	4.43	1.13	5.76	6.73	1.76	3.55	5.64	0.96	2.07	2.03	0.95	14.35
	H2	2.50	22.91	5.36	1.46	1.19	0.30	1.55	1.80	0.47	0.96	1.51	0.26	0.56	0.54	0.25	3.85
	H3	3.84	40.48	9.47	2.57	2.09	0.53	2.73	3.19	0.83	1.69	2.67	0.46	0.99	0.96	0.45	6.80
	H4	6.57	72.75	17.01	4.62	3.76	0.96	4.90	5.73	1.50	3.03	4.79	0.82	1.77	1.72	0.81	12.21
	H5	1.68	20.28	4.74	1.29	1.05	0.27	1.36	1.60	0.42	0.84	1.34	0.23	0.49	0.48	0.23	3.40
	H6	2.61	28.60	6.69	1.82	1.48	0.38	1.93	2.25	0.59	1.19	1.89	0.32	0.70	0.68	0.32	4.80
	H7	3.41	38.27	8.95	2.43	1.98	0.51	2.58	3.01	0.79	1.59	2.52	0.43	0.93	0.91	0.43	6.42
	H8	3.40	43.54	10.18	2.76	2.25	0.57	2.93	3.43	0.90	1.81	2.87	0.49	1.06	1.03	0.48	7.30
	H9	2.53	32.55	7.61	2.06	1.68	0.43	2.19	2.56	0.67	1.35	2.14	0.37	0.79	0.77	0.36	5.46

註：單位為百億元。

表附 6-12 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_產出效果(情境二：南科地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	7.56	100.08	23.41	6.35	5.18	1.32	6.73	7.87	2.06	4.15	6.59	1.13	2.42	2.37	1.11	16.79
	H2	2.80	28.99	6.78	1.84	1.50	0.38	1.96	2.28	0.60	1.21	1.91	0.33	0.71	0.69	0.32	4.87
	H3	4.14	46.82	10.95	2.97	2.42	0.62	3.15	3.68	0.96	1.95	3.09	0.53	1.14	1.11	0.52	7.86
	H4	6.99	83.38	19.50	5.29	4.31	1.10	5.61	6.56	1.72	3.46	5.49	0.94	2.02	1.98	0.93	13.99
	H5	1.85	23.66	5.53	1.50	1.22	0.31	1.59	1.86	0.49	0.98	1.56	0.27	0.57	0.56	0.26	3.97
	H6	2.82	32.99	7.72	2.09	1.71	0.44	2.22	2.60	0.68	1.37	2.17	0.37	0.80	0.78	0.37	5.54
	H7	3.65	43.57	10.19	2.77	2.25	0.58	2.93	3.43	0.90	1.81	2.87	0.49	1.06	1.03	0.48	7.31
	H8	3.79	53.21	12.44	3.37	2.75	0.70	3.57	4.19	1.10	2.21	3.51	0.60	1.29	1.26	0.59	8.92
	H9	2.77	37.98	8.88	2.41	1.96	0.50	2.55	2.99	0.78	1.58	2.50	0.43	0.92	0.90	0.42	6.37

註：單位為百億元。

表附 6-13 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	2.29	7.69	9.01	1.08	0.20	0.36	1.30	0.45	0.60	0.88	0.61	0.35	0.31	0.05	0.18	0.29
	H2	0.82	2.00	2.34	0.28	0.05	0.09	0.34	0.12	0.16	0.23	0.16	0.09	0.08	0.01	0.05	0.08
	H3	1.26	3.56	4.17	0.50	0.09	0.17	0.61	0.21	0.28	0.41	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14
	H4	2.16	6.51	7.62	0.92	0.17	0.31	1.11	0.38	0.51	0.75	0.52	0.30	0.26	0.04	0.15	0.25
	H5	0.54	1.74	2.04	0.25	0.05	0.08	0.30	0.10	0.14	0.20	0.14	0.08	0.07	0.01	0.04	0.07
	H6	0.85	2.46	2.89	0.35	0.06	0.12	0.42	0.14	0.19	0.28	0.20	0.11	0.10	0.02	0.06	0.09
	H7	1.11	3.36	3.93	0.47	0.09	0.16	0.57	0.20	0.26	0.39	0.27	0.15	0.13	0.02	0.08	0.13
	H8	1.08	3.73	4.37	0.52	0.10	0.17	0.63	0.22	0.29	0.43	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14
	H9	0.81	2.83	3.31	0.40	0.07	0.13	0.48	0.16	0.22	0.32	0.23	0.13	0.11	0.02	0.07	0.11
S2	H1	2.46	9.42	11.03	1.32	0.25	0.44	1.59	0.55	0.74	1.08	0.75	0.43	0.38	0.06	0.22	0.36
	H2	0.89	2.66	3.11	0.37	0.07	0.12	0.45	0.15	0.21	0.31	0.21	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.36	4.59	5.38	0.65	0.12	0.22	0.78	0.27	0.36	0.53	0.37	0.21	0.18	0.03	0.11	0.18
	H4	2.28	7.77	9.11	1.09	0.20	0.36	1.32	0.45	0.61	0.89	0.62	0.35	0.31	0.05	0.18	0.30
	H5	0.60	2.37	2.78	0.33	0.06	0.11	0.40	0.14	0.19	0.27	0.19	0.11	0.09	0.01	0.06	0.09
	H6	0.92	3.20	3.76	0.45	0.08	0.15	0.54	0.19	0.25	0.37	0.26	0.15	0.13	0.02	0.08	0.12
	H7	1.19	4.21	4.93	0.59	0.11	0.20	0.71	0.24	0.33	0.48	0.34	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H8	1.22	5.12	5.99	0.72	0.13	0.24	0.86	0.30	0.40	0.59	0.41	0.23	0.20	0.03	0.12	0.20
	H9	0.90	3.73	4.37	0.52	0.10	0.18	0.63	0.22	0.29	0.43	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14

註：單位為百億元。

表附 6-13 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	2.39	8.53	9.99	1.20	0.22	0.40	1.44	0.50	0.67	0.98	0.68	0.39	0.34	0.05	0.20	0.33
	H2	0.88	2.50	2.93	0.35	0.07	0.12	0.42	0.15	0.20	0.29	0.20	0.11	0.10	0.02	0.06	0.10
	H3	1.33	4.13	4.84	0.58	0.11	0.19	0.70	0.24	0.32	0.48	0.33	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H4	2.24	7.25	8.50	1.02	0.19	0.34	1.23	0.42	0.57	0.84	0.58	0.33	0.29	0.04	0.17	0.28
	H5	0.58	2.14	2.51	0.30	0.06	0.10	0.36	0.12	0.17	0.25	0.17	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H6	0.91	3.00	3.52	0.42	0.08	0.14	0.51	0.17	0.23	0.35	0.24	0.14	0.12	0.02	0.07	0.11
	H7	1.17	3.89	4.56	0.55	0.10	0.18	0.66	0.23	0.30	0.45	0.31	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H8	1.16	4.42	5.18	0.62	0.12	0.21	0.75	0.26	0.35	0.51	0.35	0.20	0.18	0.03	0.10	0.17
	H9	0.87	3.36	3.93	0.47	0.09	0.16	0.57	0.19	0.26	0.39	0.27	0.15	0.13	0.02	0.08	0.13
S4	H1	2.50	9.57	11.21	1.34	0.25	0.45	1.62	0.56	0.75	1.10	0.76	0.44	0.38	0.06	0.22	0.37
	H2	0.97	3.19	3.74	0.45	0.08	0.15	0.54	0.19	0.25	0.37	0.25	0.15	0.13	0.02	0.07	0.12
	H3	1.41	4.86	5.69	0.68	0.13	0.23	0.82	0.28	0.38	0.56	0.39	0.22	0.19	0.03	0.11	0.19
	H4	2.35	8.18	9.58	1.15	0.21	0.38	1.39	0.47	0.64	0.94	0.65	0.37	0.33	0.05	0.19	0.31
	H5	0.65	2.74	3.21	0.38	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H6	0.98	3.68	4.31	0.52	0.10	0.17	0.62	0.21	0.29	0.42	0.29	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14
	H7	1.25	4.55	5.34	0.64	0.12	0.21	0.77	0.26	0.36	0.52	0.36	0.21	0.18	0.03	0.11	0.17
	H8	1.26	5.29	6.20	0.74	0.14	0.25	0.89	0.31	0.41	0.61	0.42	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H9	0.95	4.04	4.74	0.57	0.11	0.19	0.68	0.23	0.32	0.46	0.32	0.18	0.16	0.03	0.09	0.15

註：單位為百億元。

表附 6-13 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	2.37	8.47	9.92	1.19	0.22	0.40	1.43	0.49	0.66	0.97	0.68	0.39	0.34	0.05	0.20	0.32
	H2	0.88	2.62	3.08	0.37	0.07	0.12	0.45	0.15	0.21	0.30	0.21	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.31	4.14	4.85	0.58	0.11	0.19	0.70	0.24	0.32	0.48	0.33	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H4	2.24	7.28	8.53	1.02	0.19	0.34	1.23	0.42	0.57	0.84	0.58	0.33	0.29	0.05	0.17	0.28
	H5	0.59	2.26	2.65	0.32	0.06	0.11	0.38	0.13	0.18	0.26	0.18	0.10	0.09	0.01	0.05	0.09
	H6	0.90	3.07	3.60	0.43	0.08	0.14	0.52	0.18	0.24	0.35	0.24	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12
	H7	1.16	3.88	4.54	0.55	0.10	0.18	0.66	0.23	0.30	0.45	0.31	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H8	1.16	4.55	5.33	0.64	0.12	0.21	0.77	0.26	0.36	0.52	0.36	0.21	0.18	0.03	0.11	0.17
	H9	0.86	3.41	4.00	0.48	0.09	0.16	0.58	0.20	0.27	0.39	0.27	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
S6	H1	2.34	8.02	9.39	1.13	0.21	0.38	1.36	0.47	0.63	0.92	0.64	0.37	0.32	0.05	0.19	0.31
	H2	0.85	2.15	2.52	0.30	0.06	0.10	0.37	0.12	0.17	0.25	0.17	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H3	1.29	3.79	4.44	0.53	0.10	0.18	0.64	0.22	0.30	0.44	0.30	0.17	0.15	0.02	0.09	0.15
	H4	2.20	6.82	7.99	0.96	0.18	0.32	1.16	0.40	0.53	0.79	0.54	0.31	0.27	0.04	0.16	0.26
	H5	0.56	1.90	2.23	0.27	0.05	0.09	0.32	0.11	0.15	0.22	0.15	0.09	0.08	0.01	0.04	0.07
	H6	0.87	2.68	3.14	0.38	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.21	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H7	1.14	3.59	4.20	0.50	0.09	0.17	0.61	0.21	0.28	0.41	0.29	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14
	H8	1.13	4.08	4.78	0.57	0.11	0.19	0.69	0.24	0.32	0.47	0.33	0.19	0.16	0.03	0.10	0.16
	H9	0.84	3.05	3.57	0.43	0.08	0.14	0.52	0.18	0.24	0.35	0.24	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12

註：單位為百億元。

表附 6-13 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	2.50	9.38	10.99	1.32	0.24	0.44	1.59	0.54	0.73	1.08	0.75	0.43	0.38	0.06	0.22	0.36
	H2	0.94	2.72	3.18	0.38	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.38	4.39	5.14	0.62	0.11	0.21	0.74	0.25	0.34	0.51	0.35	0.20	0.18	0.03	0.10	0.17
	H4	2.33	7.81	9.16	1.10	0.20	0.37	1.32	0.45	0.61	0.90	0.62	0.36	0.31	0.05	0.18	0.30
	H5	0.61	2.22	2.60	0.31	0.06	0.10	0.38	0.13	0.17	0.25	0.18	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H6	0.94	3.09	3.62	0.43	0.08	0.15	0.52	0.18	0.24	0.36	0.25	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12
	H7	1.22	4.08	4.79	0.57	0.11	0.19	0.69	0.24	0.32	0.47	0.33	0.19	0.16	0.03	0.10	0.16
	H8	1.25	4.99	5.84	0.70	0.13	0.23	0.84	0.29	0.39	0.57	0.40	0.23	0.20	0.03	0.12	0.19
	H9	0.91	3.56	4.17	0.50	0.09	0.17	0.60	0.21	0.28	0.41	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14

註：單位為百億元。

表附 6-14 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S1	H1	2.44	9.87	9.66	1.38	0.26	0.45	1.66	0.57	0.75	1.12	0.78	0.44	0.39	0.06	0.23	0.37
	H2	0.86	2.56	2.51	0.36	0.07	0.12	0.43	0.15	0.20	0.29	0.20	0.11	0.10	0.02	0.06	0.10
	H3	1.33	4.58	4.48	0.64	0.12	0.21	0.77	0.26	0.35	0.52	0.36	0.20	0.18	0.03	0.10	0.17
	H4	2.29	8.36	8.17	1.17	0.22	0.38	1.40	0.48	0.64	0.95	0.66	0.37	0.33	0.05	0.19	0.31
	H5	0.57	2.24	2.19	0.31	0.06	0.10	0.38	0.13	0.17	0.25	0.18	0.10	0.09	0.01	0.05	0.08
	H6	0.89	3.16	3.09	0.44	0.08	0.15	0.53	0.18	0.24	0.36	0.25	0.14	0.12	0.02	0.07	0.12
	H7	1.18	4.31	4.22	0.60	0.11	0.20	0.72	0.25	0.33	0.49	0.34	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
	H8	1.16	4.79	4.68	0.67	0.12	0.22	0.80	0.28	0.37	0.54	0.38	0.21	0.19	0.03	0.11	0.18
	H9	0.86	3.63	3.55	0.51	0.09	0.17	0.61	0.21	0.28	0.41	0.29	0.16	0.14	0.02	0.08	0.14
S2	H1	2.65	12.09	11.83	1.69	0.31	0.56	2.02	0.70	0.92	1.37	0.96	0.54	0.48	0.07	0.28	0.45
	H2	0.94	3.41	3.34	0.48	0.09	0.16	0.57	0.20	0.26	0.39	0.27	0.15	0.13	0.02	0.08	0.13
	H3	1.45	5.90	5.77	0.83	0.15	0.27	0.99	0.34	0.45	0.67	0.47	0.26	0.23	0.04	0.14	0.22
	H4	2.44	9.98	9.76	1.40	0.26	0.46	1.67	0.58	0.76	1.14	0.79	0.44	0.39	0.06	0.23	0.37
	H5	0.64	3.04	2.98	0.43	0.08	0.14	0.51	0.18	0.23	0.35	0.24	0.14	0.12	0.02	0.07	0.11
	H6	0.98	4.11	4.03	0.58	0.11	0.19	0.69	0.24	0.31	0.47	0.33	0.18	0.16	0.03	0.09	0.15
	H7	1.28	5.41	5.29	0.76	0.14	0.25	0.91	0.31	0.41	0.62	0.43	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H8	1.32	6.57	6.43	0.92	0.17	0.30	1.10	0.38	0.50	0.75	0.52	0.29	0.26	0.04	0.15	0.25
	H9	0.97	4.79	4.69	0.67	0.12	0.22	0.80	0.28	0.37	0.54	0.38	0.21	0.19	0.03	0.11	0.18

註：單位為百億元。

表附 6-14 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S3	H1	2.55	10.96	10.72	1.53	0.28	0.50	1.83	0.63	0.84	1.25	0.87	0.49	0.43	0.07	0.25	0.41
	H2	0.93	3.21	3.14	0.45	0.08	0.15	0.54	0.19	0.24	0.37	0.25	0.14	0.13	0.02	0.07	0.12
	H3	1.41	5.30	5.19	0.74	0.14	0.24	0.89	0.31	0.40	0.60	0.42	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H4	2.38	9.32	9.11	1.30	0.24	0.43	1.56	0.54	0.71	1.06	0.74	0.42	0.37	0.06	0.21	0.35
	H5	0.63	2.75	2.69	0.39	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.31	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H6	0.97	3.86	3.77	0.54	0.10	0.18	0.65	0.22	0.29	0.44	0.31	0.17	0.15	0.02	0.09	0.14
	H7	1.25	4.99	4.89	0.70	0.13	0.23	0.84	0.29	0.38	0.57	0.40	0.22	0.20	0.03	0.11	0.19
	H8	1.25	5.68	5.56	0.79	0.15	0.26	0.95	0.33	0.43	0.65	0.45	0.25	0.22	0.04	0.13	0.21
	H9	0.94	4.31	4.22	0.60	0.11	0.20	0.72	0.25	0.33	0.49	0.34	0.19	0.17	0.03	0.10	0.16
S4	H1	2.69	12.29	12.02	1.72	0.32	0.56	2.06	0.71	0.94	1.40	0.97	0.55	0.48	0.08	0.28	0.46
	H2	1.03	4.10	4.01	0.57	0.11	0.19	0.69	0.24	0.31	0.47	0.32	0.18	0.16	0.03	0.09	0.15
	H3	1.51	6.24	6.11	0.87	0.16	0.29	1.05	0.36	0.48	0.71	0.49	0.28	0.25	0.04	0.14	0.23
	H4	2.51	10.50	10.28	1.47	0.27	0.48	1.76	0.61	0.80	1.20	0.83	0.47	0.41	0.06	0.24	0.39
	H5	0.71	3.52	3.44	0.49	0.09	0.16	0.59	0.20	0.27	0.40	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
	H6	1.06	4.72	4.62	0.66	0.12	0.22	0.79	0.27	0.36	0.54	0.37	0.21	0.19	0.03	0.11	0.18
	H7	1.34	5.85	5.72	0.82	0.15	0.27	0.98	0.34	0.45	0.67	0.46	0.26	0.23	0.04	0.13	0.22
	H8	1.36	6.79	6.64	0.95	0.18	0.31	1.14	0.39	0.52	0.77	0.54	0.30	0.27	0.04	0.16	0.25
	H9	1.03	5.19	5.08	0.73	0.13	0.24	0.87	0.30	0.40	0.59	0.41	0.23	0.20	0.03	0.12	0.19

註：單位為百億元。

表附 6-14 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S5	H1	2.53	10.88	10.64	1.52	0.28	0.50	1.82	0.63	0.83	1.24	0.86	0.48	0.43	0.07	0.25	0.41
	H2	0.93	3.37	3.30	0.47	0.09	0.15	0.57	0.19	0.26	0.38	0.27	0.15	0.13	0.02	0.08	0.13
	H3	1.39	5.31	5.20	0.74	0.14	0.24	0.89	0.31	0.41	0.61	0.42	0.24	0.21	0.03	0.12	0.20
	H4	2.38	9.35	9.14	1.31	0.24	0.43	1.57	0.54	0.71	1.06	0.74	0.42	0.37	0.06	0.21	0.35
	H5	0.63	2.91	2.84	0.41	0.08	0.13	0.49	0.17	0.22	0.33	0.23	0.13	0.11	0.02	0.07	0.11
	H6	0.96	3.94	3.86	0.55	0.10	0.18	0.66	0.23	0.30	0.45	0.31	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H7	1.24	4.98	4.87	0.70	0.13	0.23	0.84	0.29	0.38	0.57	0.39	0.22	0.20	0.03	0.11	0.19
	H8	1.25	5.84	5.71	0.82	0.15	0.27	0.98	0.34	0.45	0.66	0.46	0.26	0.23	0.04	0.13	0.22
	H9	0.93	4.38	4.29	0.61	0.11	0.20	0.73	0.25	0.33	0.50	0.35	0.20	0.17	0.03	0.10	0.16
S6	H1	2.49	10.30	10.07	1.44	0.27	0.47	1.73	0.59	0.79	1.17	0.82	0.46	0.41	0.06	0.24	0.39
	H2	0.89	2.76	2.70	0.39	0.07	0.13	0.46	0.16	0.21	0.32	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06	0.10
	H3	1.36	4.87	4.77	0.68	0.13	0.22	0.82	0.28	0.37	0.56	0.39	0.22	0.19	0.03	0.11	0.18
	H4	2.33	8.76	8.57	1.23	0.23	0.40	1.47	0.51	0.67	1.00	0.69	0.39	0.35	0.05	0.20	0.33
	H5	0.59	2.44	2.39	0.34	0.06	0.11	0.41	0.14	0.19	0.28	0.19	0.11	0.10	0.02	0.06	0.09
	H6	0.93	3.44	3.37	0.48	0.09	0.16	0.58	0.20	0.26	0.39	0.27	0.15	0.14	0.02	0.08	0.13
	H7	1.21	4.61	4.51	0.64	0.12	0.21	0.77	0.27	0.35	0.52	0.37	0.21	0.18	0.03	0.11	0.17
	H8	1.21	5.24	5.13	0.73	0.14	0.24	0.88	0.30	0.40	0.60	0.42	0.23	0.21	0.03	0.12	0.20
	H9	0.90	3.92	3.83	0.55	0.10	0.18	0.66	0.23	0.30	0.45	0.31	0.17	0.15	0.02	0.09	0.15

註：單位為百億元。

表附 6-14 RCP8.5 情境下區域部門缺水產業關聯效果_所得效果(情境二：南科地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	臺南			其它南部			中部			北部			東部			家計 部門
		農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業	
S7	H1	2.68	12.05	11.78	1.68	0.31	0.55	2.02	0.70	0.92	1.37	0.95	0.54	0.47	0.07	0.28	0.45
	H2	0.99	3.49	3.41	0.49	0.09	0.16	0.59	0.20	0.27	0.40	0.28	0.16	0.14	0.02	0.08	0.13
	H3	1.47	5.64	5.51	0.79	0.15	0.26	0.95	0.33	0.43	0.64	0.45	0.25	0.22	0.03	0.13	0.21
	H4	2.48	10.04	9.82	1.40	0.26	0.46	1.68	0.58	0.77	1.14	0.80	0.45	0.40	0.06	0.23	0.38
	H5	0.66	2.85	2.79	0.40	0.07	0.13	0.48	0.16	0.22	0.32	0.23	0.13	0.11	0.02	0.07	0.11
	H6	1.00	3.97	3.88	0.56	0.10	0.18	0.67	0.23	0.30	0.45	0.31	0.18	0.16	0.02	0.09	0.15
	H7	1.30	5.24	5.13	0.73	0.14	0.24	0.88	0.30	0.40	0.60	0.42	0.23	0.21	0.03	0.12	0.20
	H8	1.34	6.40	6.26	0.90	0.17	0.29	1.07	0.37	0.49	0.73	0.51	0.29	0.25	0.04	0.15	0.24
	H9	0.98	4.57	4.47	0.64	0.12	0.21	0.76	0.26	0.35	0.52	0.36	0.20	0.18	0.03	0.10	0.17

註：單位為百億元。

表附 6-15 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(1/4)

策略組合	情境編號	情境說明	發生機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,175	3,600	39.8%	15.4%	15.4%	4.11	41.19	7.90	5.36	58.56
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	819	928	16.2%	4.0%	4.0%	1.67	10.63	2.04	1.38	15.72
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,469	1,666	23.4%	7.1%	7.1%	2.41	19.06	3.66	2.48	27.61
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	2,686	3,047	39.5%	13.1%	13.1%	4.08	34.85	6.69	4.54	50.15
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	,536	715	810	9.5%	3.5%	3.5%	0.98	9.28	1.78	1.21	13.24
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,027	1,164	16.4%	5.0%	5.0%	1.69	13.32	2.55	1.73	19.30
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,415	1,605	21.1%	6.9%	6.9%	2.17	18.36	3.52	2.39	26.44
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,564	1,774	18.9%	7.6%	7.6%	1.95	20.29	3.89	2.64	28.78
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,172	1,329	13.9%	5.7%	5.7%	1.44	15.21	2.92	1.98	21.55
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,891	4,413	39.8%	18.9%	18.9%	4.11	50.48	9.68	6.58	70.85
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,088	1,233	16.2%	5.3%	5.3%	1.67	14.12	2.71	1.84	20.33
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,891	2,145	23.4%	9.2%	9.2%	2.41	24.53	4.71	3.20	34.84
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,201	3,630	39.5%	15.6%	15.6%	4.08	41.53	7.96	5.41	58.98
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	972	1,103	9.5%	4.7%	4.7%	0.98	12.61	2.42	1.64	17.65
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,330	1,509	16.4%	6.5%	6.5%	1.69	17.26	3.31	2.25	24.51
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,774	2,012	21.1%	8.6%	8.6%	2.17	23.02	4.41	3.00	32.60
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	2,136	2,423	18.9%	10.4%	10.4%	1.95	27.71	5.32	3.61	38.59
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,550	1,758	13.9%	7.5%	7.5%	1.44	20.11	3.86	2.62	28.03

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故家計部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-15 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(2/4)

策略組合	情境編號	情境說明	發生機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,111	3,523	3,996	40.1%	17.1%	17.1%	4.14	45.71	8.77	5.95	64.57
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,927	1,024	1,162	16.6%	5.0%	5.0%	1.71	13.29	2.55	1.73	19.28
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,377	1,703	1,931	23.8%	8.3%	8.3%	2.45	22.10	4.24	2.88	31.66
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,850	2,996	3,397	39.8%	14.6%	14.6%	4.11	38.87	7.45	5.06	55.49
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,732	880	998	9.7%	4.3%	4.3%	1.00	11.42	2.19	1.49	16.10
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,977	1,251	1,419	16.6%	6.1%	6.1%	1.72	16.23	3.11	2.11	23.18
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,183	1,637	1,857	21.3%	8.0%	8.0%	2.20	21.24	4.07	2.77	30.28
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,299	1,855	2,103	19.2%	9.0%	9.0%	1.98	24.07	4.61	3.13	33.80
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,757	1,390	1,576	14.2%	6.8%	6.8%	1.46	18.03	3.46	2.35	25.30
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,433	3,951	4,481	40.5%	19.2%	19.2%	4.17	51.26	9.83	6.68	71.94
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	15,340	1,308	1,484	17.0%	6.4%	6.4%	1.76	16.97	3.26	2.21	24.20
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,736	2,002	2,270	24.2%	9.7%	9.7%	2.49	25.98	4.98	3.38	36.83
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	36,179	3,372	3,824	40.2%	16.4%	16.4%	4.15	43.75	8.39	5.70	61.99
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	9,092	1,128	1,279	10.1%	5.5%	5.5%	1.04	14.64	2.81	1.91	20.39
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	15,249	1,530	1,735	16.9%	7.4%	7.4%	1.75	19.85	3.81	2.59	27.99
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,470	1,917	2,174	21.6%	9.3%	9.3%	2.23	24.87	4.77	3.24	35.11
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,651	2,212	2,508	19.6%	10.7%	10.7%	2.02	28.70	5.50	3.74	39.96
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	13,053	1,673	1,897	14.5%	8.1%	8.1%	1.50	21.71	4.16	2.83	30.20

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故家計部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-15 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,495	3,964	39.8%	17.0%	17.0%	4.11	45.35	8.70	5.91	64.06
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,077	1,221	16.2%	5.2%	5.2%	1.67	13.97	2.68	1.82	20.14
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,703	1,932	23.4%	8.3%	8.3%	2.41	22.10	4.24	2.88	31.63
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,004	3,406	39.5%	14.6%	14.6%	4.08	38.98	7.47	5.07	55.61
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	929	1,054	9.5%	4.5%	4.5%	0.98	12.05	2.31	1.57	16.91
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,276	1,447	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	16.56	3.17	2.16	23.58
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,629	1,847	21.1%	7.9%	7.9%	2.17	21.14	4.05	2.75	30.11
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,900	2,155	18.9%	9.2%	9.2%	1.95	24.65	4.73	3.21	34.54
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,413	1,603	13.9%	6.9%	6.9%	1.44	18.33	3.52	2.39	25.68
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	35,839	3,495	3,964	39.8%	17.0%	17.0%	4.11	45.35	8.70	5.91	64.06
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	14,599	1,077	1,221	16.2%	5.2%	5.2%	1.67	13.97	2.68	1.82	20.14
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	21,068	1,703	1,932	23.4%	8.3%	8.3%	2.41	22.10	4.24	2.88	31.63
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	35,586	3,004	3,406	39.5%	14.6%	14.6%	4.08	38.98	7.47	5.07	55.61
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	8,536	929	1,054	9.5%	4.5%	4.5%	0.98	12.05	2.31	1.57	16.91
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	14,741	1,276	1,447	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	16.56	3.17	2.16	23.58
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	18,974	1,629	1,847	21.1%	7.9%	7.9%	2.17	21.14	4.05	2.75	30.11
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,021	1,900	2,155	18.9%	9.2%	9.2%	1.95	24.65	4.73	3.21	34.54
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	12,530	1,413	1,603	13.9%	6.9%	6.9%	1.44	18.33	3.52	2.39	25.68

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故家計部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-15 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	8.2	36,748	3,876	4,396	40.8%	18.8%	18.8%	4.21	50.29	9.64	6.55	70.69
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.8	15,705	1,115	1,264	17.5%	5.4%	5.4%	1.80	14.47	2.77	1.88	20.93
	H3	梅雨偏少+颱風正常	19.8	22,078	1,809	2,051	24.5%	8.8%	8.8%	2.53	23.47	4.50	3.06	33.56
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.7	36,488	3,220	3,652	40.5%	15.7%	15.7%	4.18	41.78	8.01	5.44	59.41
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.2	9,336	912	1,035	10.4%	4.4%	4.4%	1.07	11.83	2.27	1.54	16.71
	H6	梅雨延遲+颱風正常	8.9	15,515	1,290	1,463	17.2%	6.3%	6.3%	1.78	16.74	3.21	2.18	23.91
	H7	梅雨正常+颱風偏少	13.2	19,783	1,735	1,968	22.0%	8.4%	8.4%	2.27	22.51	4.32	2.93	32.03
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.7	17,970	2,084	2,364	20.0%	10.1%	10.1%	2.06	27.04	5.19	3.52	37.81
	H9	梅雨正常+颱風正常	31.6	13,317	1,476	1,674	14.8%	7.2%	7.2%	1.53	19.15	3.67	2.49	26.85

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故家計部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-16 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.11	3.34	0.06	0.71	93.32	2.12	69.38
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.67	1.36	0.02	0.29	37.92	0.86	28.19
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.41	1.96	0.03	0.42	54.72	1.24	40.68
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.98	0.80	0.01	0.17	22.25	0.51	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.69	1.37	0.02	0.29	38.37	0.87	28.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.17	1.77	0.03	0.38	49.27	1.12	36.63
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.95	1.59	0.03	0.34	44.28	1.01	32.92
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.44	1.17	0.02	0.25	32.70	0.74	24.31
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.11	3.34	0.06	0.71	93.32	2.12	69.38
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.67	1.36	0.02	0.29	37.92	0.86	28.19
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.41	1.96	0.03	0.42	54.72	1.24	40.68
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.98	0.80	0.01	0.17	22.25	0.51	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.69	1.37	0.02	0.29	38.37	0.87	28.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.17	1.77	0.03	0.38	49.27	1.12	36.63
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.95	1.59	0.03	0.34	44.28	1.01	32.92
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.44	1.17	0.02	0.25	32.70	0.74	24.31

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-16 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.14	3.37	0.06	0.72	94.00	2.14	69.88
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.71	1.39	0.02	0.30	38.83	0.88	28.87
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.45	1.99	0.03	0.42	55.63	1.26	41.36
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.11	3.34	0.06	0.71	93.32	2.12	69.38
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	1.00	0.81	0.01	0.17	22.71	0.52	16.88
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.72	1.40	0.02	0.30	39.05	0.89	29.03
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.20	1.79	0.03	0.38	49.95	1.13	37.14
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.98	1.61	0.03	0.34	44.96	1.02	33.42
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.46	1.19	0.02	0.25	33.15	0.75	24.65
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.17	3.39	0.06	0.72	94.68	2.15	70.39
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.76	1.43	0.02	0.30	39.96	0.91	29.71
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.49	2.03	0.03	0.43	56.54	1.28	42.03
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.15	3.38	0.06	0.72	94.23	2.14	70.05
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	1.04	0.85	0.01	0.18	23.61	0.54	17.56
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.75	1.42	0.02	0.30	39.73	0.90	29.54
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.23	1.81	0.03	0.39	50.63	1.15	37.64
	H8	梅雨正常+颱風延遲	2.02	1.64	0.03	0.35	45.86	1.04	34.10
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.50	1.22	0.02	0.26	34.06	0.77	25.32

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-16 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.11	3.34	0.06	0.71	93.32	2.12	69.38
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.67	1.36	0.02	0.29	37.92	0.86	28.19
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.41	1.96	0.03	0.42	54.72	1.24	40.68
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.98	0.80	0.01	0.17	22.25	0.51	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.69	1.37	0.02	0.29	38.37	0.87	28.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.17	1.77	0.03	0.38	49.27	1.12	36.63
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.95	1.59	0.03	0.34	44.28	1.01	32.92
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.44	1.17	0.02	0.25	32.70	0.74	24.31
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.11	3.34	0.06	0.71	93.32	2.12	69.38
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.67	1.36	0.02	0.29	37.92	0.86	28.19
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.41	1.96	0.03	0.42	54.72	1.24	40.68
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.98	0.80	0.01	0.17	22.25	0.51	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.69	1.37	0.02	0.29	38.37	0.87	28.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.17	1.77	0.03	0.38	49.27	1.12	36.63
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.95	1.59	0.03	0.34	44.28	1.01	32.92
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.44	1.17	0.02	0.25	32.70	0.74	24.31

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-16 RCP4.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業總 損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.21	3.42	0.06	0.73	95.59	2.17	71.07
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.80	1.46	0.02	0.31	40.87	0.93	30.38
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.53	2.06	0.03	0.44	57.44	1.30	42.71
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.18	3.40	0.06	0.72	94.91	2.16	70.56
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	1.07	0.87	0.01	0.19	24.29	0.55	18.06
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.78	1.45	0.02	0.31	40.42	0.92	30.05
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.27	1.85	0.03	0.39	51.54	1.17	38.32
	H8	梅雨正常+颱風延遲	2.06	1.68	0.03	0.36	46.77	1.06	34.77
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.53	1.24	0.02	0.26	34.74	0.79	25.83

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-17 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,155	3,578	39.6%	15.3%	15.3%	4.08	40.93	7.85	5.33	58.19
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	819	929	16.1%	4.0%	4.0%	1.66	10.63	2.04	1.38	15.71
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,462	1,658	23.3%	7.1%	7.1%	2.40	18.97	3.64	2.47	27.48
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	2,670	3,028	39.1%	13.0%	13.0%	4.03	34.64	6.64	4.51	49.82
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	715	811	9.4%	3.5%	3.5%	0.97	9.28	1.78	1.21	13.24
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	13,945	1,011	1,146	15.5%	4.9%	4.9%	1.60	13.12	2.51	1.71	18.94
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,378	1,563	20.1%	6.7%	6.7%	2.07	17.88	3.43	2.33	25.71
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	1,530	1,735	18.5%	7.4%	7.4%	1.90	19.85	3.81	2.59	28.14
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,160	1,316	13.6%	5.6%	5.6%	1.41	15.05	2.89	1.96	21.31
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,865	4,383	39.6%	18.8%	18.8%	4.08	50.15	9.62	6.53	70.38
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	1,090	1,236	16.1%	5.3%	5.3%	1.66	14.14	2.71	1.84	20.35
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,885	2,138	23.3%	9.2%	9.2%	2.40	24.46	4.69	3.19	34.74
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	3,189	3,617	39.1%	15.5%	15.5%	4.03	41.38	7.94	5.39	58.73
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	972	1,103	9.4%	4.7%	4.7%	0.97	12.61	2.42	1.64	17.64
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	13,945	1,315	1,492	15.5%	6.4%	6.4%	1.60	17.06	3.27	2.22	24.16
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,728	1,960	20.1%	8.4%	8.4%	2.07	22.42	4.30	2.92	31.71
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	2,100	2,381	18.5%	10.2%	10.2%	1.90	27.25	5.22	3.55	37.92
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,532	1,737	13.6%	7.4%	7.4%	1.41	19.88	3.81	2.59	27.69

表附 6-17 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,882	3,501	3,970	39.9%	17.0%	17.0%	4.11	45.42	8.71	5.92	64.16
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,772	1,025	1,162	16.4%	5.0%	5.0%	1.69	13.30	2.55	1.73	19.27
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,273	1,694	1,921	23.6%	8.2%	8.2%	2.44	21.98	4.21	2.86	31.50
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,417	2,977	3,376	39.4%	14.5%	14.5%	4.06	38.63	7.41	5.03	55.13
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,663	880	998	9.6%	4.3%	4.3%	0.99	11.42	2.19	1.49	16.09
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	14,172	1,232	1,397	15.7%	6.0%	6.0%	1.62	15.98	3.07	2.08	22.75
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,299	1,596	1,810	20.3%	7.8%	7.8%	2.10	20.71	3.97	2.70	29.48
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,881	1,816	2,059	18.8%	8.8%	8.8%	1.93	23.56	4.52	3.07	33.08
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,510	1,378	1,563	13.9%	6.7%	6.7%	1.43	17.88	3.43	2.33	25.07
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	36,205	3,928	4,454	40.2%	19.1%	19.1%	4.15	50.96	9.77	6.64	71.52
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	15,183	1,310	1,486	16.9%	6.4%	6.4%	1.74	17.00	3.26	2.21	24.21
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,641	1,995	2,262	24.0%	9.7%	9.7%	2.48	25.88	4.96	3.37	36.69
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,743	3,357	3,807	39.7%	16.3%	16.3%	4.10	43.56	8.35	5.67	61.68
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,895	1,124	1,275	9.9%	5.5%	5.5%	1.02	14.58	2.80	1.90	20.30
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	14,438	1,509	1,712	16.0%	7.3%	7.3%	1.65	19.58	3.76	2.55	27.54
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,554	1,869	2,120	20.6%	9.1%	9.1%	2.13	24.25	4.65	3.16	34.19
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	17,213	2,171	2,462	19.1%	10.6%	10.6%	1.97	28.17	5.40	3.67	39.21
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,805	1,660	1,883	14.2%	8.1%	8.1%	1.47	21.54	4.13	2.81	29.95

表附 6-17 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,603	3,476	3,942	39.6%	16.9%	16.9%	4.08	45.10	8.65	5.87	63.70
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,447	1,077	1,222	16.1%	5.2%	5.2%	1.66	13.97	2.68	1.82	20.13
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	20,965	1,697	1,925	23.3%	8.2%	8.2%	2.40	22.02	4.22	2.87	31.51
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,189	2,987	3,388	39.1%	14.5%	14.5%	4.03	38.76	7.43	5.05	55.27
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,431	929	1,054	9.4%	4.5%	4.5%	0.97	12.05	2.31	1.57	16.90
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	13,945	1,260	1,429	15.5%	6.1%	6.1%	1.60	16.35	3.14	2.13	23.21
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,057	1,592	1,805	20.1%	7.7%	7.7%	2.07	20.66	3.96	2.69	29.38
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,623	1,866	2,116	18.5%	9.1%	9.1%	1.90	24.21	4.64	3.15	33.91
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,267	1,401	1,589	13.6%	6.8%	6.8%	1.41	18.18	3.49	2.37	25.44
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	35,807	3,290	3,731	39.8%	16.0%	16.0%	4.10	42.69	8.19	5.56	60.53
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	14,647	881	999	16.3%	4.3%	4.3%	1.68	11.43	2.19	1.49	16.79
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	21,178	1,557	1,765	23.5%	7.6%	7.6%	2.43	20.20	3.87	2.63	29.13
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	35,360	2,798	3,173	39.3%	13.6%	13.6%	4.05	36.30	6.96	4.73	52.04
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	8,586	780	885	9.5%	3.8%	3.8%	0.98	10.12	1.94	1.32	14.36
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	14,113	1,100	1,248	15.7%	5.3%	5.3%	1.62	14.27	2.74	1.86	20.49
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,239	1,472	1,670	20.3%	7.2%	7.2%	2.09	19.10	3.66	2.49	27.34
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	16,824	1,675	1,899	18.7%	8.1%	8.1%	1.93	21.73	4.17	2.83	30.66
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	12,447	1,252	1,420	13.8%	6.1%	6.1%	1.43	16.24	3.12	2.12	22.90

表附 6-17 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之經濟直接衝擊_含家計部門(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	發生 機率	缺水量(噸/年)			缺水率(%)			年損失(百億元/年)				
				農業	工業	生活	農業	工業	生活	農業	工業	服務業	家計	合計
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	7.4	36,512	3,850	4,366	40.6%	18.7%	18.7%	4.18	49.95	9.58	6.51	70.21
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	4.3	15,594	1,115	1,265	17.3%	5.4%	5.4%	1.79	14.47	2.78	1.88	20.92
	H3	梅雨偏少+颱風正常	18.9	22,000	1,801	2,042	24.4%	8.8%	8.8%	2.52	23.37	4.48	3.04	33.41
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	3.9	36,053	3,207	3,637	40.1%	15.6%	15.6%	4.13	41.61	7.98	5.42	59.14
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	2.3	9,153	910	1,032	10.2%	4.4%	4.4%	1.05	11.81	2.26	1.54	16.66
	H6	梅雨延遲+颱風正常	10.0	14,741	1,269	1,439	16.4%	6.2%	6.2%	1.69	16.46	3.16	2.14	23.45
	H7	梅雨正常+颱風偏少	12.9	18,849	1,676	1,901	20.9%	8.1%	8.1%	2.16	21.75	4.17	2.83	30.91
	H8	梅雨正常+颱風延遲	7.5	17,546	2,047	2,321	19.5%	9.9%	9.9%	2.01	26.56	5.09	3.46	37.12
	H9	梅雨正常+颱風正常	32.9	13,094	1,461	1,656	14.5%	7.1%	7.1%	1.50	18.96	3.63	2.47	26.56

表附 6-18 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝擊(情境一：臺南地區)(1/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S1	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.66	1.35	0.02	0.29	37.69	0.86	28.02
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.40	1.95	0.03	0.42	54.49	1.24	40.51
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.03	3.28	0.05	0.70	91.50	2.08	68.03
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.97	0.79	0.01	0.17	22.02	0.50	16.37
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.60	1.30	0.02	0.28	36.33	0.83	27.01
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.07	1.68	0.03	0.36	47.00	1.07	34.94
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.90	1.55	0.03	0.33	43.14	0.98	32.07
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.41	1.15	0.02	0.24	32.01	0.73	23.80
S2	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.66	1.35	0.02	0.29	37.69	0.86	28.02
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.40	1.95	0.03	0.42	54.49	1.24	40.51
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.03	3.28	0.05	0.70	91.50	2.08	68.03
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.97	0.79	0.01	0.17	22.02	0.50	16.37
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.60	1.30	0.02	0.28	36.33	0.83	27.01
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.07	1.68	0.03	0.36	47.00	1.07	34.94
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.90	1.55	0.03	0.33	43.14	0.98	32.07
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.41	1.15	0.02	0.24	32.01	0.73	23.80

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-18 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝擊(情境一：臺南地區)(2/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S3	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.11	3.34	0.06	0.71	93.32	2.12	69.38
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.69	1.37	0.02	0.29	38.37	0.87	28.53
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.44	1.98	0.03	0.42	55.40	1.26	41.19
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.06	3.30	0.06	0.70	92.18	2.09	68.53
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.99	0.81	0.01	0.17	22.48	0.51	16.71
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.62	1.32	0.02	0.28	36.78	0.84	27.35
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.10	1.71	0.03	0.36	47.68	1.08	35.45
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.93	1.57	0.03	0.33	43.82	1.00	32.58
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.43	1.16	0.02	0.25	32.47	0.74	24.14
S4	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.15	3.38	0.06	0.72	94.23	2.14	70.05
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.74	1.42	0.02	0.30	39.51	0.90	29.37
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.48	2.02	0.03	0.43	56.31	1.28	41.86
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.10	3.33	0.06	0.71	93.09	2.11	69.21
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	1.02	0.83	0.01	0.18	23.16	0.53	17.22
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.65	1.34	0.02	0.29	37.46	0.85	27.85
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.13	1.73	0.03	0.37	48.36	1.10	35.95
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.97	1.60	0.03	0.34	44.73	1.02	33.25
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.47	1.20	0.02	0.25	33.38	0.76	24.81

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

表附 6-18 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝擊(情境一：臺南地區)(3/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S5	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.08	3.32	0.06	0.71	92.64	2.10	68.87
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.66	1.35	0.02	0.29	37.69	0.86	28.02
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.40	1.95	0.03	0.42	54.49	1.24	40.51
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.03	3.28	0.05	0.70	91.50	2.08	68.03
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.97	0.79	0.01	0.17	22.02	0.50	16.37
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.60	1.30	0.02	0.28	36.33	0.83	27.01
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.07	1.68	0.03	0.36	47.00	1.07	34.94
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.90	1.55	0.03	0.33	43.14	0.98	32.07
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.41	1.15	0.02	0.24	32.01	0.73	23.80
S6	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.10	3.33	0.06	0.71	93.09	2.11	69.21
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.68	1.37	0.02	0.29	38.15	0.87	28.36
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.43	1.98	0.03	0.42	55.17	1.25	41.02
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.05	3.29	0.05	0.70	91.96	2.09	68.37
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	0.98	0.80	0.01	0.17	22.25	0.51	16.54
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.62	1.32	0.02	0.28	36.78	0.84	27.35
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.09	1.70	0.03	0.36	47.45	1.08	35.28
	H8	梅雨正常+颱風延遲	1.93	1.57	0.03	0.33	43.82	1.00	32.58
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.43	1.16	0.02	0.25	32.47	0.74	24.14

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。


表附 6-18 RCP8.5 情境下採用不同調適策略組合之農業部門直接衝擊(情境一：臺南地區)(4/4)

策略 組合	情境 編號	情境說明	農業 總損失	年損失(百億元/年)			年損失(%)		
				農糧	畜產	漁產	農糧	畜產	漁產
S7	H1	梅雨偏少+颱風偏少	4.18	3.40	0.06	0.72	94.91	2.16	70.56
	H2	梅雨偏少+颱風延遲	1.79	1.46	0.02	0.31	40.64	0.92	30.22
	H3	梅雨偏少+颱風正常	2.52	2.05	0.03	0.44	57.22	1.30	42.54
	H4	梅雨延遲+颱風偏少	4.13	3.36	0.06	0.71	93.77	2.13	69.72
	H5	梅雨延遲+颱風延遲	1.05	0.85	0.01	0.18	23.84	0.54	17.72
	H6	梅雨延遲+颱風正常	1.69	1.37	0.02	0.29	38.37	0.87	28.53
	H7	梅雨正常+颱風偏少	2.16	1.76	0.03	0.37	49.04	1.11	36.46
	H8	梅雨正常+颱風延遲	2.01	1.63	0.03	0.35	45.64	1.04	33.93
	H9	梅雨正常+颱風正常	1.50	1.22	0.02	0.26	34.06	0.77	25.32

註：因情境一與情境二之差異僅在於工業部門，故農業各部門之缺水直接損失僅列出情境一結果。

附錄七 水資源挑戰與調適策略：國際案例

水資源挑戰與調適策略： 以雪梨為例

	人口 2016年為211,695，2036年預計增至280,964，增幅約37.2%。	主要挑戰 氣候變遷與人口成長嚴重影響用水安全
	地理 全球最大天然海港 城市用水仰賴藍山區域之水庫 行政面積約 25 平方公里	解決方案 強化韌性以因應氣候變遷，例如： 減少用水並尋求替代水源，同時 透過洪水管理改善水道環境。

一座充滿綠意的國際城市

澳洲於2001至2009年發生的千禧年乾旱事件，在雪梨造成嚴重的水安全議題，也讓市政府更加重視其現況與未來的供水情況。在氣候變遷與人口成長的雙重影響下，其未來需水量預計將增加30%。為此，市政府以維持2006年需水量作為目標，藉由讓城市保持綠意且可降溫，打造防旱(drought-proof)城市。

在中央政府的協助下，雪梨市政府於2010年啟動水敏城市計畫。“我們應該讓城市維持綠意並具有降溫能力，以面對預期的氣候變遷衝擊。我們藉由提高用水效率並尋求替代水源，讓自來水需水量最小化。”

可降溫的韌性生產城市*

雪梨正在轉型成為水敏城市，一個可降溫的、充滿綠意的韌性生產城市。

雪梨以韌性城市為目標，其推動節約用水並提高用水效率，亦進行雨水管理改造，導入雨水花園、溼地、窪地以及汙染處理裝置等，以達成減少雨水汙染、淹水風險最小化、都市綠化與都市降溫。

其推動分散式水系統綱要計畫，以減少城市對於自來水之依賴，例如：改造耗水住宅、提高新建房屋用水效率、導入回收水於公園與建築物中、設置雨水儲留系統。此外，於2017年6月前，公園全面加裝用水監測與分析系統，以作為用水效率參考。

雪梨採用上述手段，期望於乾熱季節亦用水無虞。藉由中央與地方攜手合作，推動洪氾區管理計畫，減低洪水風險並安全地排除脆弱區域之雨水，同時確保雨水可以被回收利用。

*生產城市係指進行雨水回收利用之城市。

案例分析：綠色廣場之洪水管理(雨水儲留)

在中央與地方政府攜手合作下，雪梨於2013年6月推動第一個洪氾區風險管理計畫，投資1億美金於綠色廣場排水系統建設，將住宅區、商業區以及道路之洪水排出。此外，綠色廣場內每年約有27萬噸雨水導至新建房屋與開放空間蓄存，藉以減低自來水使用。

參考資料：City Water Stories: Sydney, The International Water Association
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以新加坡為例



人口

總人口約561萬人，而2016年人口成長率約1.3%。

地理

為海島型城市國家，其行政面積約719.1平方公里。

主要挑戰

無天然水源、需水量成長、水資源永續性等議題。

解決方案

多元供水：新生水(NEWater)與海淡水，並搭配需水量管理，持續投資相關科研與技術。

都市水資源管理

在土地的限制下，新加坡於建國之初即面臨到乾旱與水汙染等問題，促使其積極籌劃與尋求創新解決方案，並確保水源得以永續供應。

目前新加坡已有強建的多元供水系統，由四種不同水源組成，包含：在地集水區水源、進口水源、新生水(優質再生水)以及海淡水。其中，新生水與海淡水因不易受到天氣變化影響，讓新加坡在水源供應上更具有韌性。

新加坡自來水完全符合世界衛生組織的飲用水標準，可直接飲用而無需額外進行過濾。其現況需水量約163萬噸/日，家庭用水約占45%，而非家庭用水則約占55%。預估在2060前，需水量將成長兩倍，屆時新生水與海淡水預計將可供應整體需水量的85%。

新加坡水資源策略

新加坡公用事業局(Public Utility Board, PUB)一直致力於水相關科研與

技術發展，尋求高效率與低成本方法。新加坡因管理手段與相關科研技術，現已成為國際上之模範水城市。其主要策略說明如下：

1、收集每一滴水

因國土面積較小，新加坡非常重視土地上每滴雨水，現況集水區面積約占67%國土面積，其規劃推動分散式雨水與廢水回收系統，可增加集水區面積至90%國土面積，並藉由嚴格管控土地利用與水環境，以避免水源汙染。

2、廢水回收利用

對新加坡而言，廢水回收利用是最為永續與低成本之解決方案。公用事業局藉由以下作法以增加廢水回收率：(1)回收工業廢水作為非飲用水、(2)提高再生水總量、(3)鼓勵使用海水作為冷卻水以減少供水損失。

3、增加海淡水

因新加坡四周環海，公用事業局持續投資海水淡化相關之科研技術，期望藉由降低供水成本以增加其在經濟上之可行性。

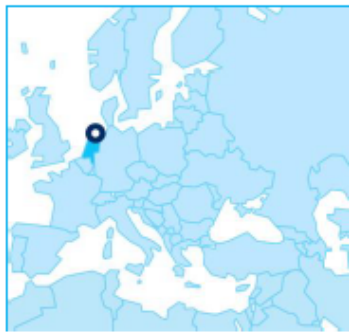
案例分析：新生水(NEWater)

新生水屬於優質再生水，為新加坡水資源永續策略之重要環節，其主要係應用先進薄膜技術與紫外線消毒進行廢水處理，以取得潔淨安全之飲用水。新生水目前已經通過150,000項科學檢測，並符合世界衛生組織標準。新生水每兩年需接受外部審查小組進行一次查核，其小組成員主要係由工程學、水化學、毒物學以及微生物學領域之國際專家組成，因其品質良好安全且優於國際標準，故均獲得高分評價。

參考資料：City Water Stories: Singapore, The International Water Association.

計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以阿姆斯特丹為例



人口

2016年約84萬人，為荷蘭最大城，預估2025年為90.6萬人。

地理

行政面積約 220 平方公里，萊茵河為主要供水系統之水源。

主要挑戰

強降雨事件、重要設施韌性、水循環經濟。

解決方案

藉由整合型組織推動調適策略之主流化 (mainstreaming)。

主流化(mainstreaming)：於全部推動的策略或計畫中皆納入特定觀點，以受到普遍採用或重視。

掌握每一滴水

阿姆斯特丹位於阿姆斯特爾河 (river Amstel) 河口，為地勢低窪的三角洲地區，已經與水共存超過700年的時間，其基因已內建處理水問題的能力。地方政府委託整合型組織：水網(Waternet)，採用有效、永續以及需求導向方式進行飲用水、廢水、地面水以及洪水之綜合管理，藉由洪災風險控制、水質控制以及強健的水設施，讓阿姆斯特丹成長為安全的、有吸引力以及經濟健全的城市。

水網帶領阿姆斯特丹以創新的協作平台來面對都市各種挑戰(氣候變遷調適與水循環經濟議題)，例如：其推動 Amsterdam Rainproof 水平台以整合地方行政單位、企業以及民眾，從建築物、花園以及公共區域著手，努力提升城市韌性以面對極端降雨。

河口城市的主要挑戰

1. 水平台推動與主流化

阿姆斯特丹發展一套強健的緊急控制系統，專門處理海洋、河川以及強降雨所造成的洪水問題，針對重要的公共設施提供更高防護標準，作為關鍵韌性策略。近年頻繁且劇烈的豪雨事件，加速 Amsterdam Rainproof 平台的推動與主流化，例如：水網於2014至2017年期間，透過對話、瞭解需求以及輔導方式，協助超過60個組織並執行超過50個計畫，以建立更加健全之行動網絡。

2. 發展水循環經濟

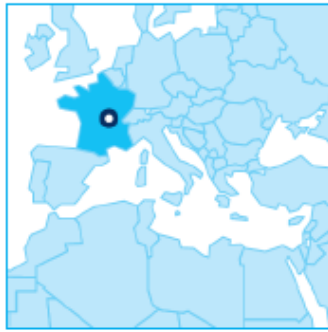
阿姆斯特丹也注意到發展水循環經濟的可能機會，期望整合跨組織方式從廢水與地面水進行回收再利用，以獲取更多能源與資源。

案例分析：荷蘭的獨特發明Polderdak

Polderdak係由許多小牆圍繞而成，可搭配遠端遙控的閘門堰，為一種可以有效蓄水的屋頂花園，而蓄存水量則可供應植物生長。Polderdak的獨特性在於它的多種功能性：增加房屋節能10至30%、提供平台以支持都市農業與增加生物多樣性、幫助城市散熱與捕捉空氣汙染物質。荷蘭於2013年推動Polderdak試驗計畫，其蓄水規模為面積1200平方公尺，而體積達84立方公尺，同時也帶動更多屋頂花園的建置。

參考資料：City Water Stories: Amsterdam, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以里昂為例



人口

2016年居住人口約150萬人。

地理

都會區面積約530平方公里，市政府負責都市發展與服務(供水、交通以及能源等)。

主要挑戰

熱島效應、缺水事件(水量與水質)、產業與觀光人口增加。

解決方案

重新整治水環境以增加民眾福祉、天然空間以及透水面積。

大都會區的氣候變遷調適

里昂大都會區受益於羅訥河(Rhône River)豐沛水量與充足地下水，民眾享有乾淨且安全的水源。此外，廢水處理系統(3200公里的污水下水道與12座污水處理廠)移除高污染源，以確保環境與生態系統維持乾淨與健康。

而在降雨期間，50%逕流透過綠色基礎建設入滲至土壤，剩餘50%逕流則匯流至污水下水道，而匯流過程約有5至10%逕流會以溢流方式流至河川，其不需再額外進行污水處理。過去10年，里昂政府一直努力嘗試將溢流比例控制在5%逕流以下，以增加更多入滲水量。

在2030年前，里昂地區人口預計再成長30萬人，隨著人口密度增加可能造成不透水面積增加、地下水超抽、淹水風險增加以及水環境污染等問題。因此，地方政府於2010年開始啟動國土整合(Territorial Coherence)上位計畫。

用以確保城市發展不致於影響環境與水資源，並嘗試推動新法規以降低區域的洪災脆弱度。此外，里昂地區為應因氣候變遷造成乾旱事件的頻率與強度增加，積極尋求替代水源，並將城市熱島效應的減少與預防一併納入上位計畫。

與水共生的城市

里昂地區在整合型水資源管理上已有超過20年經驗，其藉由上位計畫讓城市與水共生，透過現有水資源提升城市宜居性。例如，重新整治喬納奇(Jonage)區域上游的洪泛區，以提升抗洪能力，同時具備水源供應、休閒遊憩以及溼地生態等多元功能。而城市河岸空間亦藉由重新整治，以提供民眾親水空間。

里昂地方政府願景

持續藉由整合水議題與都市規劃，以達到永續維持環境與生態系統品質。

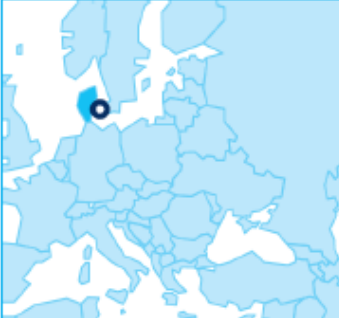
案例分析：Porte des Alpes 園區

Porte del Alpes 園區佔地140公頃，區域內共計150間公司與6,500名員工(2012年資料)，園區90%空間開放供民眾使用，有兩座湖泊可儲存多餘雨水並可持續補注地下水，其生態多元動植物豐富，同時亦可提供民眾休閒遊憩空間。

參考資料：City Water Stories: Lyon, The International Water Association.

計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以哥本哈根為例

	人口 人口60萬人，預計於2025年前成長至70萬人。	主要挑戰 人口增加與用水成長、氣候變遷下強降雨事件。
	地理 屬於海岸城市，其面積約88.25平方公里，包含10個行政區。	解決方案 市區房價合理化、強化排水系統與基礎設施的防洪能力。

海岸城市的主要挑戰

丹麥首都哥本哈根在氣候變遷調適上，係以創新方案與提升生活品質聞名，其目前人口約60萬人，預計於2025年前成長至70萬人。如何在有限土地下，打造更多居住空間以容納新增人口，並且維持合理房價，成為這個海岸城市的主要挑戰之一。

“我們需以不同角度來看待城市人口成長，挑戰如何提高舊工業區空間利用，並打造更高更密集的居住空間，同時亦需考慮氣候變遷衝擊。”

而這個海岸城市在水議題上的挑戰則是如何在人口成長壓力下，持續提供高品質飲用水，並避免氣候變遷影響民眾與產業用水。同時，哥本哈根也面臨豪大雨的威脅，2011年7月豪雨事件造成約10億美元損失。

然而，在氣候變遷影響下，哥本哈根預期未來會有更多嚴重豪大雨事件發生，推動氣候變遷調適變得更加刻不容緩。

海岸城市的未來願景

哥本哈根透過跨部會合作，規劃民眾參與“共創未來”的願景，其包含達成三項主要目標：宜居城市、城市責任、優勢城市。

為因應氣候變遷帶來的挑戰，哥本哈根推動氣候調適與豪雨管理兩大專案，採用100年重現期作為城市防洪標準，並全面強化基礎設施防洪能力。針對豪雨造成的洪水，而係透過匯集與延遲方式，減少洪災風險，避免其進入汙水下水道系統，而係將其直接排至海洋。

哥本哈根設定未來20年皆會以豪雨管理作為調適重點，以確保城市宜居性，並邀請民眾共創城市未來。

案例分析：Skt Kjelds 氣候韌性社區

在豪雨管理專案中，哥本哈根選擇以 Skt Kjelds 作為示範社區，並導入許多新想法至社區之中。例如：打造親水公園Tåsinge Plads與可直接將洪水排至海洋的溢洪道。此外，在專案推動的過程，社區民眾或單位可充分參與氣候韌性社區的推動與規劃，包含共同參與社區建築物、庭園以及開放空間的重新整修。

參考資料：City Water Stories: Copenhagen, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以昆山為例



人口

2000年人口約75萬人，人口每年增加9.92%(2000至2010年)。

地理

位於長江三角洲，面積約927.7平方公里，約23%為水體，包含62條河川水道與41座湖泊。

主要挑戰

地勢低窪、人口增加、用水安全與水質疑慮增加。

解決方案

將城市轉化成為集水區、洪水最小化、減少城市汙染、舒緩洪災風險。

水上之城

昆山距離上海約 50 公里遠，其與水關係密切，有超過 40 座湖泊與約莫 1000 公里的水道，而這些水道就如同城市的象徵，也是古老水鄉「周莊」的重要組成。

因地處低窪，昆山採用圍墾(polder)方式降低淹水風險，其又稱圍海造田，係指在沿江河、沿湖或沿海的區域通過修築堤壩，再將河水、湖水或海水排出，以取得可利用土地的一項工程方式。

在氣候變遷影響下，其圍墾系統可能更加脆弱易受衝擊。此外，即使多數汙水已經過收集處理，但受到集水區汙染、水循環不佳以及快速都市化等因子影響下，水質仍然逐漸劣化。

昆山約30至40%水源係由湖泊供應，而其餘水源則由長江抽取，惟抽水成本相對較高。

海綿城市願景

政府的整體策略係將昆山打造成為一座海綿城市，其藉由雨水與汙染管理併行，收集雨水作為非飲用水，將城市轉化成為集水區以提供用水。同樣的概念也落實在圍墾系統內，將水道內的水導入公共空間的溼地進行處理，以改善水道水質。

其策略重點包含：減少汙染、舒緩下游地區洪災風險、在人口與都市持續成長的情況下確保用水安全以及減少對外部水源的依賴。

城市的天然排水路可過濾與收集雨水，並滯留洪峰量再安全的排往下游。昆山藉由整合藍色、綠色以及灰色基礎建設將此概念延伸至各個區域。

昆山藉由公私合作保護與改善其水道與水路，透過系統方法逐漸的將城市轉化成為一座智慧水城市(water-wise city)。

案例分析：昆山文化廣場溼地

昆山文化藝術中心將水敏設計概念融入其建築，導入溼地系統至公共空間，展示溼地系統的維持水質功能，同時也示範如何將城市的公共空間轉化為生態系統。

參考資料：City Water Stories: Kunshan, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以墨爾本為例



人口

整體人口約450萬人，而市中心人口約128,983人。

地理

雅拉河流經墨爾本進入菲利普海灣，其包含 32 個行政區，主要行政區面積約 37.7 平方公里。

主要挑戰

乾旱、暴雨逕流汙染、水源供應、人口增加、未來氣候趨於更加乾熱。

解決方案

確保民眾參與合作，並配合多元供水以因應用水成長。

乾旱事件帶來的改變

墨爾本供水系統原本被認為是非常穩定健全的，其多樹的集水區與堰壩系統，使供水成本低且非常穩定。直到千年大旱(1997至2009年)期間，墨爾本才瞭解到其供水系統並不如想像中穩定。

於1996至2006年期間，因降雨不足，蓄水量緩慢且持續降低。雖已配合實施限水措施，但2007年6月蓄水量仍僅有庫容的25%(約為全年供水量)，若無及時限水，其預估蓄水量將低於15%。

在千年大旱的衝擊下，民眾意識到缺水嚴重性，政府透過互聯與合作方式，進行供水系統強化，同時也瞭解到水資源對於宜居性、公眾健康以及社區繁榮的重要性。

健康的城市與集水區

墨爾本採取知識推廣、資源共享以及民眾參與等方式，來因應氣候變遷與人口成長造成的可能問題，並同時維持城市的宜居性。在千年大旱之後，多元供水開始受到重視，包含海水淡化與雨水收集(非飲用水用途)等，而環境與經濟等議題也開始受到關注。

能夠戰勝千年大旱，歸功於民眾的節水行動，並搭配基礎設施改善(例如：自來水減漏)。藉由民眾教育與節水活動，將每人每日用水控制在 155 公升的目標值。

墨爾本透過營造公私合作氛圍，並搭配超前部署與調適策略，積極面對未來潛在的水資源管理挑戰。此外，針對未來更多嚴峻的挑戰，其導入聯合國永續發展指標與韌性策略，以面對2051年超過1,000萬的人口與氣候變遷的衝擊。

案例分析：墨爾本的森林都市策略

森林都市策略強調植物與綠色空間對於社會面、經濟面以及環境面的貢獻，其目的在於使得墨爾本更加綠意盎然，打造如同森林一般的城市，以增加韌性與宜居性。為實現森林都市的願景，其策略包含提供更可靠的灌溉水源供給、增加透水性與土壤含水量、將暴雨逕流應用於灌溉與補注地下水以及增加城市植物面積。受益於這些策略，城市內植物更為茂盛，而生物多樣性也有所提升，同時城市也變得更加涼爽。

參考資料：City Water Stories: Melbourne, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以深圳為例



人口

2015年約 1,138 萬人，2030年預計成長至 1,800 萬人。

地理

面積約 1,997 平方公里，包含10個行政區，深圳河流經南部。

主要挑戰

快速都市化、水源不足以及汙染問題。

解決方案

打造海綿城市，努力減少開發的環境衝擊，並建立永續且健康的水循環系統。

水資源短缺的解決方案

深圳建立於1979年，從原本僅約3萬人的小城鎮，轉變成為現代化的大都會。然而，快速都市化的同時也帶來許多挑戰，包含暴雨逕流汙染、環境承载力降低以及水資源短缺(2030年預計缺水總量可達 8.9 億噸)。

深圳在察覺到這些水議題後，隨即採取行動加以處理，導入循環經濟概念並進行跨部門合作。此外，其亦著手整備以面對未來的不確定性，藉由推動四大水策略包含：(1)保護水資源、(2)復育水環境、(3)確保用水安全以及(4)強化水環境。

為能落實這些水策略，推動「洪水控制與水環境改善行動方案(2015至2020年)」，並融入海綿城市概念作為未來發展的重要項目。

海綿城市進行式

作為海綿城市概念的早期採用者，其將低衝擊開發(LID)的觀念帶入中國，例如：開始在新建案中導入降雨的入滲、滯留以及蓄存概念。深圳選擇光明新區作為海綿城市示範區，透過跨部門合作方式，將其水策略落實於此。同時，民眾也能透過公聽會與知識分享的形式共同參與。

光明新區於新開發案、住宅區、工業區、公園以及道路導入共計26項低衝擊開發工程。例如：光明新區運動中心打造綠屋頂、雨水花園以及透水鋪面，能夠留存大約60%全年雨量；於新鋪道路導入下沉式綠色空間、透水路面、腳踏車道以及人行步道。藉由調適手段，都市排水能力得以增加，同時亦能減少逕流總量。隨著導入愈多的低衝擊開發工程，城市的調適能力也逐漸獲得全面的提升。

案例分析：福田河-宜居的都市生態系統

福田河位於深圳福田區，流經城市中心區域，受到快速都市化的影響，福田河發生嚴重水汙染議題，同時流域內生態系統也遭到破壞。為因應水汙染議題，深圳導入汙水管理、廢水回收利用以及溼地淨水系統，其為確保汙水能夠獲得妥善處理，其汙水下水道接管率已達100%。如今，福田河水質已符合地表水水質標準，而城市宜居性與生態系統也得到改善。

參考資料：City Water Stories: Shenzhen, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以珀斯為例



人口

2019年約 209 萬人，人口成長率約 1.3% (2018至2019年)。

地理

位於天鵝海岸平原，主要行政區面積為 19.37 平方公里。

主要挑戰

水源不足、極端天氣、城市過熱以及海面上升。

解決方案

推廣節水、投資雨水儲蓄利用、尋找替代水源以及導入綠色基礎設施與污水處理。

邁向永續城市

珀斯為西澳州的首都，主要行政區面積為19.37平方公里，珀斯最大就業中心與許多國際企業、國營企業以及地方企業的總部皆設立於此。

全球暖化與氣候變遷的議題已被多數民眾接受，也瞭解到其對於經濟與民眾生活帶來的可能潛在衝擊，城市能否在這些衝擊下維持永續成為關鍵議題。

西澳州水公司預測年雨量在2060年前將減少40%，同時珀斯與周遭城鎮的用水將額外成長365百萬噸。儘管珀斯從2001年開始，已經減少20%用水量，但其仍然是澳洲用水量最多的城市之一。

為能轉變成水敏城市，城市、企業以及民眾可透過用水最佳化與節約用水，並適當的應用非飲用水。此外，珀斯也藉由資助水智慧專案，以進一步節省用水。

面對未來挑戰，維持宜居性

受到氣候變遷與都市開發的影響，珀斯在維持宜居性上面對許多的挑戰。澳洲聯邦科學與工業研究組織(CSIRO)依據西澳州西南部的歷史觀測資料與未來預測結果，列出珀斯面對的潛在挑戰如下：

水源不足：冬季與春季的降雨量將呈現持續減少趨勢，其餘季節則無明確趨勢。

極端天氣：雖然預測結果顯示未來年雨量有減少趨勢，將有更多時間是處於乾旱狀況，但極端大雨亦有增加趨勢。

城市過熱：各個季節的平均氣溫將持續增加，平均氣溫與極端氣溫的增加幅度相似。此外，高溫的日數、頻率以及連續時間皆有增加情況。

海面上升：平均海面高程將持續升高，而極端的海面高程也有升高情況。在2030年前，平均海面高程將升高0.07至0.18公尺(相較於1986至2005年數據)。

案例分析：奧斯朋公園的工作站

於2014至2015年期間，珀斯於奧斯朋公園工作站打造水敏基礎建設，將工作站廢水、工作站雨水儲集系統的雨水、道路清洗回收水等，導入再生水廠進行處理，然後再將處理後水回歸應用於城市，以進一步減少用水。

參考資料：City Water Stories: Perth, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

水資源挑戰與調適策略： 以西安為例



人口

目前約 1,000 萬人，人口成長快速，1980 年代人口僅 200 萬人。

地理

都市面積約 800 平方公里，位於黃河流域中間段，南為秦嶺山脈。

主要挑戰

水源不足、都市水環境劣化、快速工業化、人口成長、過度使用水資源。

解決方案

確保水質與充足水源、整合都市水管理以改善水質。

八條河環繞的古代首都

回溯至西元前 1,046 年的西周朝代，西安被選作為當時首都，一直到西元 907 年為止，西安已作為 13 個朝代的政治中心。而唐朝(西元 618 至 907 年)時期，當時的首都西安，其面積約 83.1 平方公里，人口在鼎盛時期約 100 萬人，為中國歷史上最大的古都。許多河川受到秦嶺山脈豐沛水量的補注，再流往西安附近，形成八條河環繞古都的美麗景緻。

但受到氣候變遷、水文地質變化、工業化與都市化以及水資源過度使用與不當管理等因素的影響，無論水質或水量皆大不如前，而劣化的水環境同時亦妨礙城市的永續發展。從頻繁的都市發展計畫更新，可見西安擴張的快速，同時也造成需水量增加與嚴重的水污染問題。

城市水資源管理

西安位於黃河流域中間段，年雨量約 550 毫米，但該區域蒸發量遠高於雨量。儘管渭河(黃河最大支流)流經北邊郊區，但因上游過度使用水資源，現在幾乎無法以地面水供應西安用水。而地下水的部分，在過去是非常重要的水資源，但現在為預防地層下陷，其開發受到嚴格限制。市中心約有 70% 水源係來自於 140 公里遠的秦嶺山脈水壩，為確保充足水源，其開始推動越域引水計畫，以進一步增加供水能力。

當地水利單位為因應水資源不足，在都市水資源管理上強調重點如下：水資源保育、均衡分配、系統化管理以及利用率最大化。此外，亦配合推動節約用水、雨水儲集以及再生水，以進一步強化都市水管理。

案例分析：重建八河計畫

計畫內容包含打造供水網絡、溼地復育、河道修復以及湖泊整修，並將部分公園設計成唐朝風格，以重現往日榮景。其藉由整合各種水源，包含：天然雨量、河川流量以及再生水，創造城市內水循環。亦配合擴張城市綠色空間，使得城市更具有韌性與環境永續。待重建八河計畫完工，屆時西安特色不僅在於豐富的歷史與文化，也在於其水城市特色，例如：各種水設施、優美水環境、宜居性以及永續性。

參考資料：City Water Stories: Xian, The International Water Association.
計畫團隊：國立成功大學水利及海洋工程學系 游保杉教授

國家圖書館出版品預行編目資料 CIP

因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2) =
The Adaptation to Climate Change Impact on Water
Supply and Economy (2/2) / 游保杉計畫主持 --
初版 -- 臺北市：經濟部水利署, 2020.12
面；公分
ISBN 978-986-533-116-0 (平裝)
1.水資源管理
554.61 109020029

因應氣候變遷水源供應與經濟影響研究(2/2)

出版機關：經濟部水利署

地址：台北市大安區信義路三段 41-3 號 9-12 樓

電話：(02) 37073000

傳真：(02) 37073124

網址：<http://www.wra.gov.tw>

編著者：財團法人成大研究發展基金會

出版年月：2020 年 12 月

版次：初版

定價：新台幣 400 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：1010902293

ISBN：9789865331160

著作權利管理資訊：經濟部水利署保有所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求經濟部水利署同意或書面授權。

聯絡資訊：經濟部水利署

電話 (02) 37073000



廉潔、效能、便民



經濟部水利署

台北辦公區(出版)

地址：台北市信義路三段 41 之 3 號 9-12 樓

總機：(02)3707-3000

傳真：(02)3707-3166

免費、服務專線：0800-212239

台中辦公區

地址：台中市黎明路二段 501 號

總機：(04)2250-1250

傳真：(04)2250-1628

免費、服務專線：0800-001250

ISBN：9789865331160



GPN：1010902293

定價：新台幣 400 元