

## 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)

主管單位：經濟部水利署

游保杉<sup>1</sup>  
Yu, Pao-Shan

林幸君<sup>2</sup>  
Lin, Hsing-Chun

郭彥廉<sup>3</sup>  
Kuo, Yen-Lien

曾宏偉<sup>1</sup>  
Tseng, Hung-Wei

<sup>1</sup> 國立成功大學水利及海洋工程學系

<sup>2</sup> 國立嘉義大學應用經濟學系

<sup>3</sup> 國立成功大學經濟學系

#### 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：

氣候變遷下可能水文情境 = 氣候變遷情境 + 可能水文情境

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：

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

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。

**關鍵詞：**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:

$$\text{HVCCS} = \text{climate change scenarios} + \text{hydrological variation}$$

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:

$$\text{risk} = \sum_{i=1}^N \text{impact}_i \times \text{occurrence probability}_i$$

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.**

## 一、前言

本計畫重點為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。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：

### 1.1 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：

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

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。

### 1.2 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：

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

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。

### 1.3 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<sup>1</sup>：

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

其中， $i$ 為水文情境之編號，而 $N$ 則為水文情境之總數量。

### 1.4 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。

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

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

## 二、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臺南

<sup>1</sup>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。

地區可能面臨之水源枯旱風險。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：

### 2.1 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%。

### 2.2 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%。

### 2.3 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。

### 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。

## 三、氣候變遷對可能水文情境之衝擊

### 3.1 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。

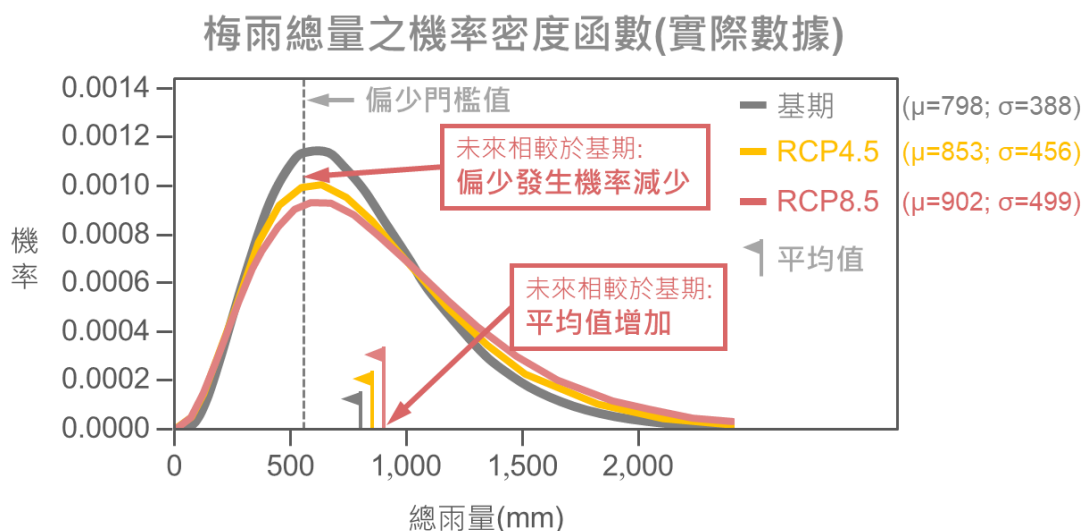


圖 1 臺南地區基期與未來情境下梅雨總量之機率密度函數

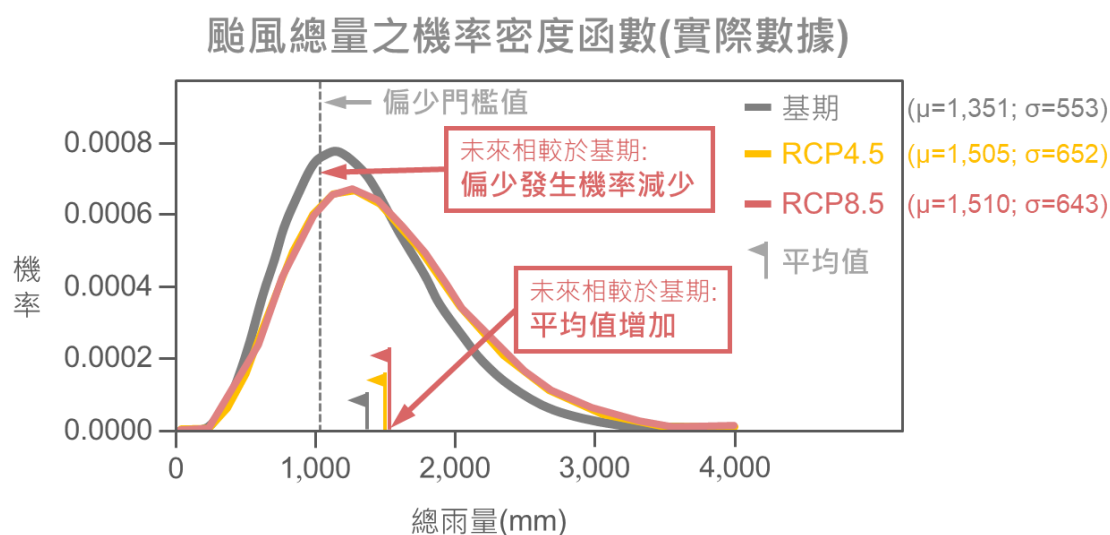


圖 2 臺南地區基期與未來情境下颱風總量之機率密度函數

### 3.2 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。

#### 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。

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	<b>34.6</b>	偏少	8.2	4.8	19.8	<b>32.8</b>
延遲	4.2	1.7	7.6	<b>13.4</b>	延遲	3.7	2.2	8.9	<b>14.7</b>
正常	16.1	6.5	29.3	<b>52.0</b>	正常	13.2	7.7	31.6	<b>52.4</b>
加總	<b>31.1</b>	<b>12.5</b>	<b>56.4</b>		加總	<b>25.1</b>	<b>14.6</b>	<b>60.3</b>	

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

基期情境下聯合發生機率					RCP8.5情境下聯合發生機率				
梅雨/颱風	偏少	延遲	正常	加總	梅雨/颱風	偏少	延遲	正常	加總
偏少	10.7	4.3	19.5	<b>34.6</b>	偏少	7.4	4.3	18.9	<b>30.5</b>
延遲	4.2	1.7	7.6	<b>13.4</b>	延遲	3.9	2.3	10.0	<b>16.1</b>
正常	16.1	6.5	29.3	<b>52.0</b>	正常	12.9	7.5	32.9	<b>53.3</b>
加總	<b>31.1</b>	<b>12.5</b>	<b>56.4</b>		加總	<b>24.3</b>	<b>14.0</b>	<b>61.7</b>	

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 4 RCP8.5 情境下可能水文情境組合之聯合發生機率

#### 四、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。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組成因子說明如下：

##### 4.1 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。

## 4.2 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。

## 4.3 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。

## 4.4 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。

## 4.5 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。

## 4.6 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。

## 4.7 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。

本計畫系統動力模型之敏感分析結果顯示(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。

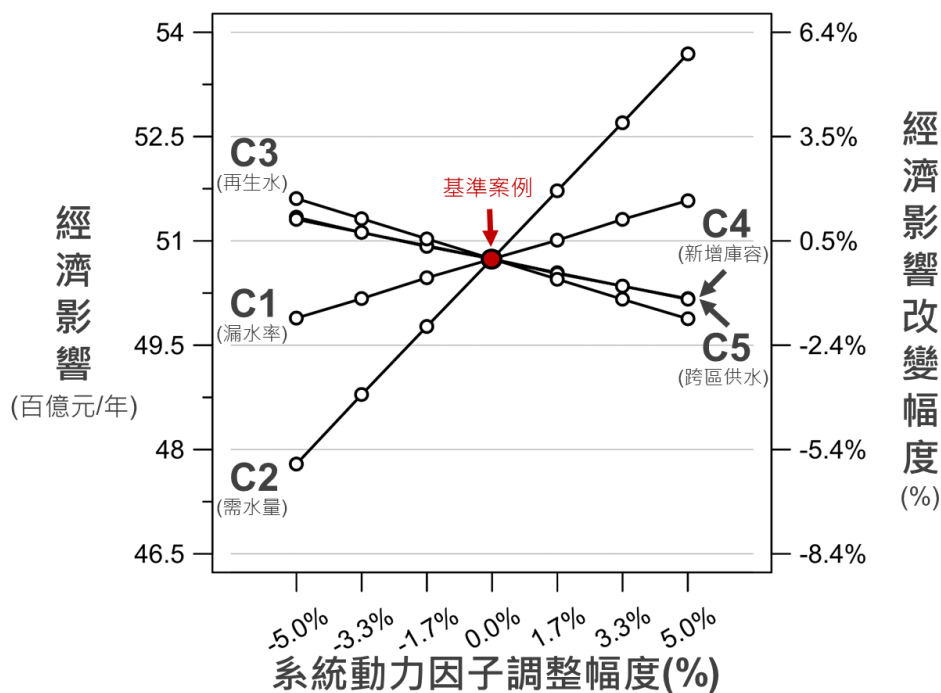


圖 5 不同系統動力因子對經濟影響之敏感性

## 五、水源枯旱風險調適策略組合之效益評估

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。

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

註：<sup>1</sup>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)；<sup>2</sup>比值效益=經濟影響效益/工程經費。

## 六、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。

## 七、結論與建議

### 7.1 結論

- (1) 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。
- (2) 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)。
- (3) 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。

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)。

- (4) 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。
- (5) 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。

## 7.2 建議

- (1) 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。
- (2) 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。

## 參考文獻

1. 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)。
2. City of Cape Town (2017) Water Services and the Cape Town Urban Water Cycle.
3. City Water Stories: Sydney (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Sydney.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Sydney.pdf))
4. City Water Stories: Singapore (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Singapore.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Singapore.pdf))
5. City Water Stories: Amsterdam (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Amsterdam.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Amsterdam.pdf))
6. City Water Stories: Lyon (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Lyon.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Lyon.pdf))
7. City Water Stories: Copenhagen (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Copenhagen.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Copenhagen.pdf))
8. City Water Stories: Kunshan (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Kunshan.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Kunshan.pdf))
9. City Water Stories: Melbourne (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Melbourne.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Melbourne.pdf))
10. City Water Stories: Shenzhen (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Shenzhen.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Shenzhen.pdf))
11. City Water Stories: Perth (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Perth.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Perth.pdf))
12. City Water Stories: Xian (2016) The International Water Association ([https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA\\_City\\_Stories\\_Xian.pdf](https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/12/IWA_City_Stories_Xian.pdf))