

氣候變遷降雨量情境差異對洪旱衝擊評估

游保杉*、郭振民、楊道昌、曾宏偉、宋政輝

國立成功大學水利及海洋工程學系

*計畫主持人(email: ypus@mail.ncku.edu.tw)

委託機關：經濟部水利署

研究背景目的

為掌握氣候變遷對水環境影響，經濟部水利署自2009年啟動氣候變遷相關科研工作，並引用聯合國氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)之第四次評估報告(Fourth Assessment Report, AR4) (IPCC, 2007)情境模式進行降雨量之推估，惟目前IPCC已於2014年提出第五次評估報告(Fifth Assessment Report, AR5) (IPCC, 2014)。因AR4與AR5使用情境假設不同，為進一步瞭解兩者於臺灣氣候推估之差異性，及對原IPCC AR4所模擬的降雨量與調適策略之影響。因此，本計畫將對IPCC AR4與IPCC AR5降雨量之時空變異性進行分析及評估可能之衝擊，並研擬調整措施。

主要成果

一、採用資料

- IPCC AR4與IPCC AR5全台降尺度之雨量資料。
- 採用相同歷史時段之雨量(1980~2005年)進行比較。

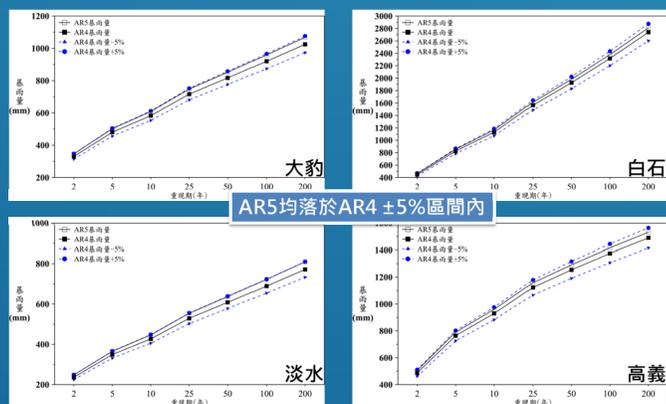
二、雨量變化情境顯著區之判定

- 雨量變化情境顯著區之判定係採用客觀性的統計分析判定IPCC AR5與IPCC AR4降雨差異量是否具有顯著差異性。
- 水資源主軸IPCC AR5與IPCC AR4降雨差異量結果顯示中部與南部具枯水期顯著「減少」之情形。

情境組合	情境	挑選情境		北部	中部	南部	東部
		AR5	AR4	(共11站)	(共13站)	(共15站)	(共10站)
組合1	AR5	RCP 8.5	RCP4.5	2站	6站	7站	0站
	AR4	A1B	A2	(18%)	(46%)	(47%)	(0%)
組合2	AR5	RCP4.5		1站	6站	-	0站
	AR4	B1		(9%)	(46%)	-	(0%)
組合3	AR5	RCP 8.5	-	2站	6站	7站	0站
	AR4	A1B	A2	(18%)	(46%)	(47%)	(0%)

枯水期AR5與AR4情境組合差異量統計檢定(差異屬可接受誤差外且KW檢定具顯著減少)

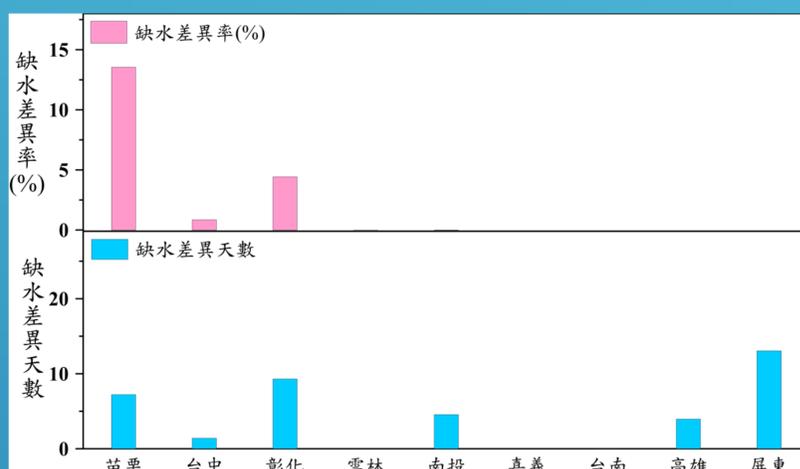
- 防洪主軸IPCC AR5與IPCC AR4降雨差異量結果顯示一日暴雨與二日暴雨在五大流域均無顯著「增加」之情形。



淡水河流域二日暴雨頻率差異顯著性分析
(採用AR5與AR4所有GCM豐水期平均降雨量+1SD, 枯水期平均降雨量-1SD)

三、水患與水資源供需模式之敏感度分析

- 水資源主軸中部地區之苗栗縣、臺中市及彰化縣為具相對敏感增加之區域。



- 防洪主軸僅檢討IPCC AR5於淡水河流域通洪能力之水理溢堤分析檢討，結果顯示IPCC AR5相較報告書「淡水河水系河道穩定與土砂管理及其因應措施研擬(3/3)，2016」的溢堤分析結果，增加溢堤位置在淡水河6處溢堤、基隆河9處溢堤及新店溪6處溢堤，其原因為左岸或右岸堤防高度不足所造成。

四、研擬調整措施

- 水資源主軸之相對敏感區域之增加區域為苗栗縣、臺中市及彰化縣。未來在天花湖、鳥嘴潭、湖山水庫、大甲-大安聯合運用等調適下，苗栗縣、臺中市與彰化縣均無缺水之現象。此外，仍需著重於加強跨區調配、用水管理與節約用水策略。
- 水患於淡水河流域之溢堤情形之調適策略建議加強河道疏濬與堤防加高。

結論與建議

氣候變遷IPCC AR5與IPCC AR4之雨量變化差異影響不顯著，且目前既有調適策略足以對應IPCC AR5對於水資源主軸供需缺水缺口及防洪(含土砂)主軸之淡水河流域溢堤之情形。

因應氣候變遷水源設施乾旱供水風險評估(1/2)

氣候變遷
乾旱

游保杉^{1*}、曾宏偉¹⁺、郭振民¹、楊道昌¹、陳仲廷¹、陳昶憲²、何智超²

¹國立成功大學水利及海洋工程學系 ²逢甲大學水利工程與資源保育學系 *計畫主持人 (email: ypus@mail.ncku.edu.tw)

+資料申請人 補助/委託單位：經濟部水利署水利規劃試驗所

研究背景目的

為因應氣候變遷下可能發生極端乾旱事件造成之供水風險，有必要進行水源設施乾旱供水風險評估研究，以充分掌握因氣候異常導致之乾旱供水風險等資訊；另因受臺灣特殊水文環境影響(豐、枯水年交替頻繁與年內豐枯水期分明)，水源設施係採用平均年缺水率概念之缺水指數(shortage index, SI)演算研訂供水能力，而如何因應枯水期之水資源調配，實有必要更進一步深入探討。本計畫以石門水庫系統為對象，進行乾旱供水風險評估。

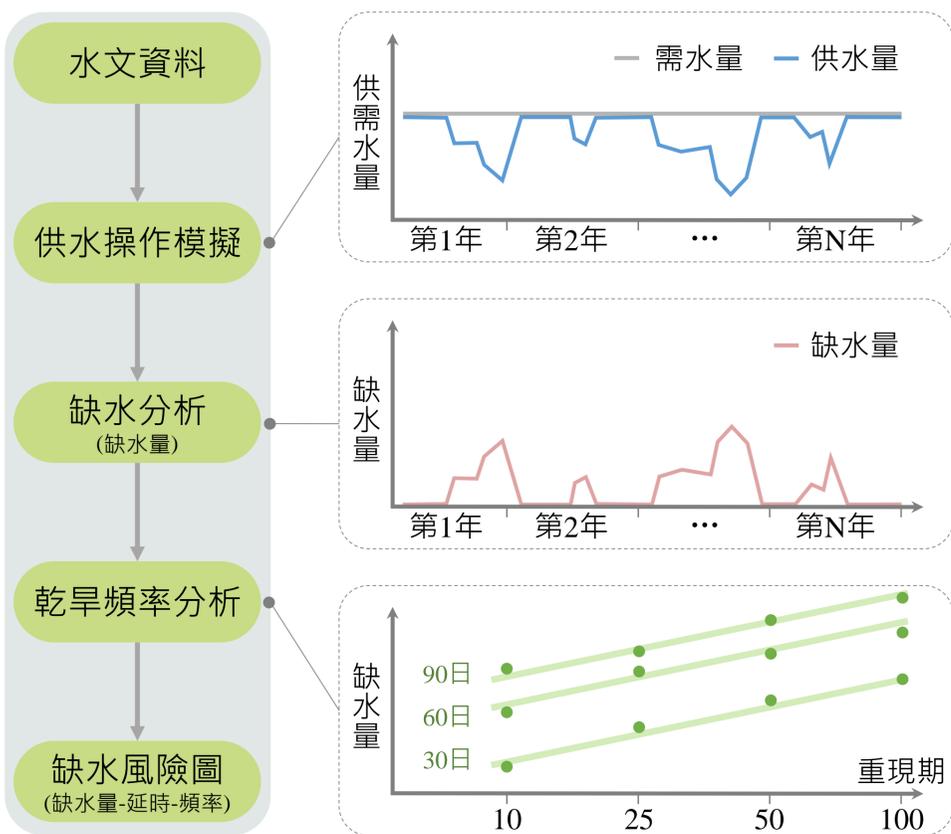
氣候變遷資料：AR4最劣、AR5最劣

AR4 A1B MIMR、A2 CSMK35、B1 MIMR

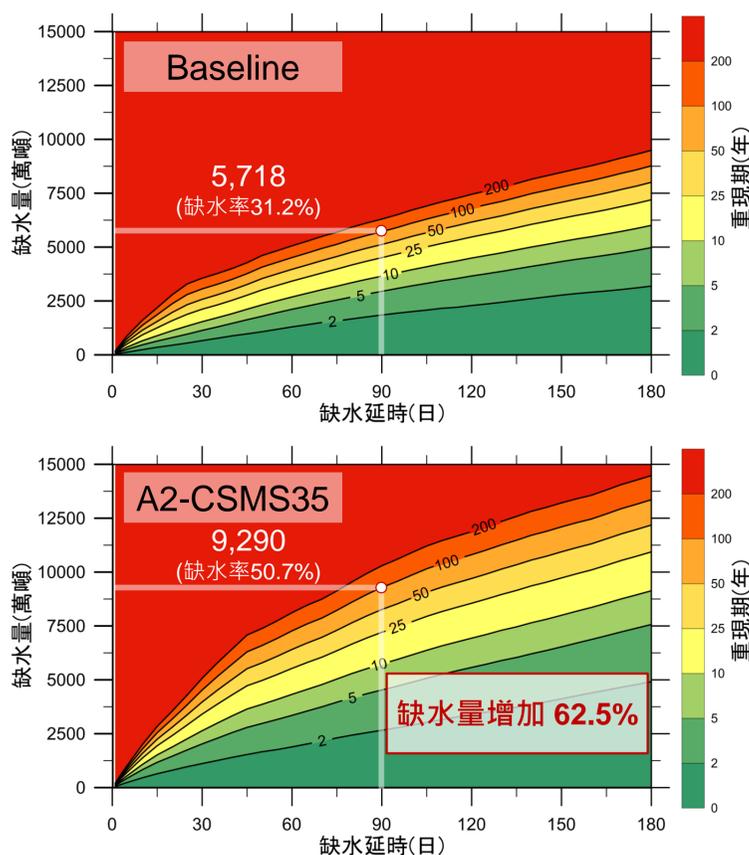
AR5 RCP4.5、RCP8.5 第三類模式*

*第三類模式為豐枯水期雨量均減少之模式；參考文獻：「氣候變遷降雨量情境差異對洪旱衝擊評估」(經濟部水利署，民國105年)

研究流程



研究成果：缺水風險圖



結論

1. 本計畫提出缺水風險圖以量化乾旱事件之特性，包含缺水量、缺水延時以及重現期等特性，用以強化缺水指數(SI)之解釋能力。
2. 以延時90日之乾旱事件為例，氣候變遷條件下(AR4 A2 CSMK35)之缺水風險圖，100年重現期之乾旱事件強度(缺水量)增加約62.5%左右。
3. 若將現況條件下100年重現期之乾旱事件強度對應至氣候變遷下，其重現期約落於10年。即在氣候變遷影響下，原本100年發生一次之乾旱事件，其重現期將縮減至約10年發生一次。

謝誌

本計畫感謝科技部「臺灣氣候變遷推估與資訊平台計畫」提供降尺度資料，謹致謝忱。



計畫名稱：106年中區水庫水質永續管理計畫

補助/委託單位：行政院環境保護署

計畫主持人：游勝傑

計畫執行人員：王玉純、柯孟廷、

Marsha Savira、謝佳玲

中原大學環境工程研究所

研究背景

中區水庫(新竹到雲林)中以寶山水庫及明德水庫優養化問題較為嚴重，惟寶山水庫供水對象為新竹科學園區，對於我國產值貢獻甚大，因此如何確保寶山水庫的水質、水量穩定格外重要，如因上游不當開發或氣候變遷等因素引起如優養化、藻華爆發及污染擴散情況，影響將甚為嚴重。

研究目的

本計畫將協助行政院環境保護署以寶山水庫為研究對象，以氣候變遷的角度，評估寶山水庫氣候變化對水質的潛在影響並提供寶山水庫管理者進行寶山水庫管理之決策依據。

研究資料與方法

資料

以寶山水庫四個水質測站1999年至2016年各水質監測項目的資料並選取採樣深度為1公尺內共288筆資料，透過統計分析方法—相關性分析、主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)和多重線性迴歸(Multiple Linear Regression, MLR)之分析結果作為分析對象，再進一步以臺灣氣候變遷推估與資訊平台(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP)之未來推估溫度變化量進行後續分析。

方法

採用2013年政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第五次評估報告(AR5)的代表濃度途徑(Representative Concentration Pathways, RCPs)情境為主要推估情境，並假設RCP6.0的排放情境作為後續評估。

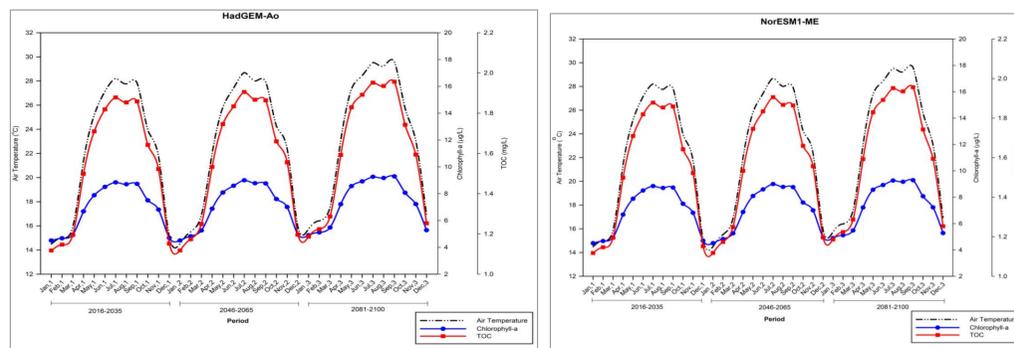
此次研究範圍為新竹縣寶山鄉，因此選用臺灣北部所適合之全球氣候模式(Global Climate Model, GCM)，包含HadGEM2-AO、NorESM1-ME、CSIRO-Mk3-6-0、CCSM4及bcc-csm1-1-m模式，以降低GCM所造成的不確定性，並利用IPCC AR5的全球氣候模式推估未來溫度改變量，搭配中央氣象局的氣象觀測資料(以2005年氣溫觀測值作為基準)，予以加總推估近未來(2016-2035)、中未來(2045-2065)與遠未來(2081-2100)等三個時段的未來溫度，來推估未來寶山水庫水質之概況及可調適之方法。

研究成果與限制

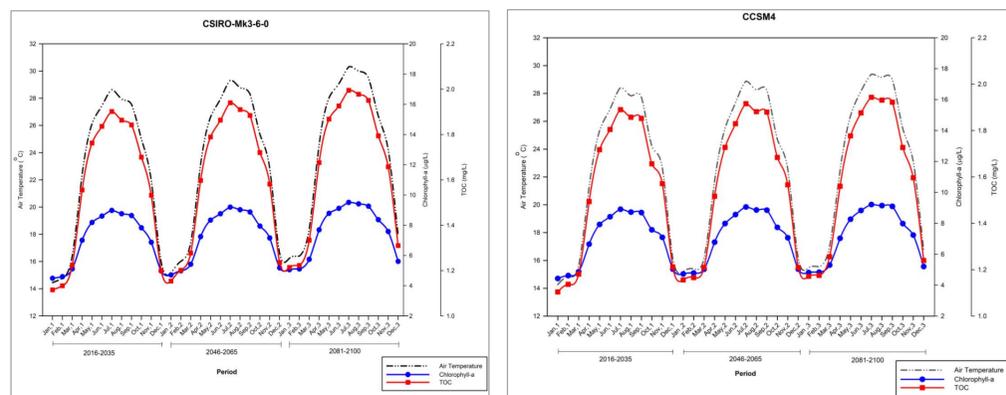
先前相關性分析得到葉綠素a和總有機碳為與氣溫觀測值有最高相關性的水質參數。利用其迴歸方程式透過未來平均氣溫的預測值來推估未來水質參數的參考值。將未來氣候情境的氣溫作為自變量(x)，而葉綠素a和總有機碳作為因變量(y)。

表一、葉綠素a與總有機碳與氣溫的迴歸分析

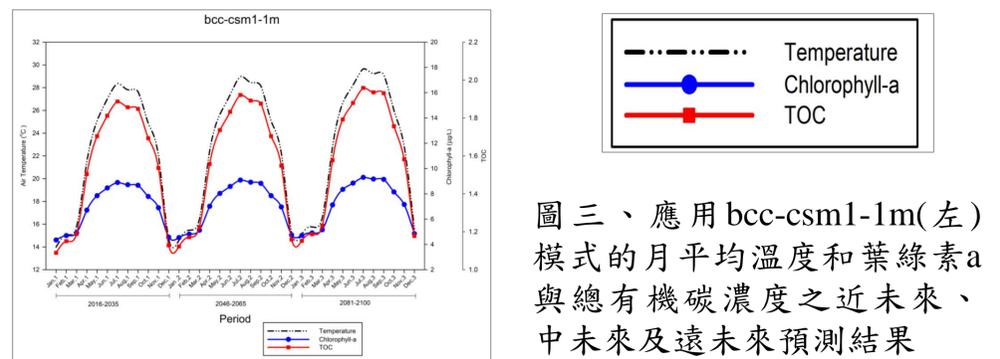
水質參數	迴歸方程式	R ²
葉綠素a	$0.3163x - 0.0792$	0.13
總有機碳	$0.0555x + 0.3128$	0.35



圖一、應用HadGEM-AO(左)與NorESM1-ME(右)模式的月平均溫度和葉綠素a與總有機碳之近未來、中未來及遠未來預測結果



圖二、應用CSIRO-Mk3-6-0(左)與CCSM4(右)模式的月平均溫度和葉綠素a與總有機碳濃度之近未來、中未來及遠未來預測結果



圖三、應用bcc-csm1-1m(左)模式的月平均溫度和葉綠素a與總有機碳濃度之近未來、中未來及遠未來預測結果

本研究僅針對氣溫作為討論，以線性迴歸的分析方法推估近未來(2016-2035年)、中未來(2046-2065)和遠未來(2081-2100)的平均氣溫和葉綠素a與總有機碳之預測趨勢，並發現在中未來及遠未來可能有顯著增加的趨勢，其中CSIRO-Mk3-6-0模式是產生最高模擬結果值之模式。總體而言，由於氣候變化的影響，氣溫將逐年增加，總有機碳和葉綠素a濃度可能也會隨之增加。

而在研究限制方面，IPCC的降雨預測資料屬於中度信心，不準確度較高，且TCCIP所提供之AR5資料為月平均資料並非日均降雨量或本案有關的時雨量資料，在推測未來之情境相對來說較有難度，因此在本分析中並無作此部分之討論。

結論與建議

本研究以台灣北部所適合之全球氣候模式模擬的結果預計2016-2035、2046-2065和2081-2100年寶山水庫的氣溫有增加趨勢，且導致葉綠素a及總有機碳濃度可能會有上升的趨勢。

另在整體資料計算中發現水質檢測頻率為一季一次，用於分析及預測上可能會增加其不確定性與侷限性，建議可使用滾動式修正增加其推估信心。



強化水庫集水區因應氣候變遷 治山、防洪及排淤調適能力之研究



補助單位 行政院農業委員會水土保持局
執行單位 逢甲大學
計畫主持人 何智超

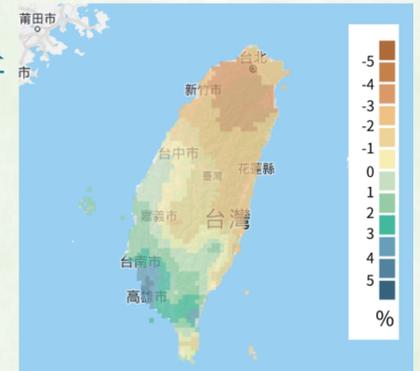
執行日期 106年2月20日至106年12月31日
參與成員 曾品潔、黃政翊、鄭玉婷

研究背景目的

石門水庫集水區每逢颱風豪雨來襲，常伴隨坡地崩塌發生，大量土砂造成水庫發生嚴重淤積，影響水庫長期供水效應，因此本計畫期透過集水區土砂生產量評估與水庫最佳防洪排淤操作規則探討，提出因應氣候變遷之治山、防洪及排淤調適方案，探討在氣候變遷影響下，建立水庫最佳操作規則，確保水庫功能及延長水庫壽命的方法，達到水庫永續經營之目標。

使用哪些氣候變遷資料

來源：TCCIP統計降尺度推估資料
參數：溫度改變量(°C)、雨量改變率(%)
年份：2016-2035
解析度：5KM網格
情境：RCP85
區域：石門水庫集水區



水文氣候變動分析

水文氣候因子變遷趨勢分析結果

探討分析期間水雨量

MK檢定	是否有顯著遞增或遞減趨勢				
	石門復興	霞雲	高義玉峰	白石	鎮西堡
年雨量	○	○	○	○	○
豐水期	○	○	○	○	○
枯水期	○	○	○	○	○
不降雨天數	○	○	○	○	○
最大一日降雨	○	○	○	○	○

○ 未達顯著標準 ● 達顯著標準；遞增 ● 達顯著標準；遞減



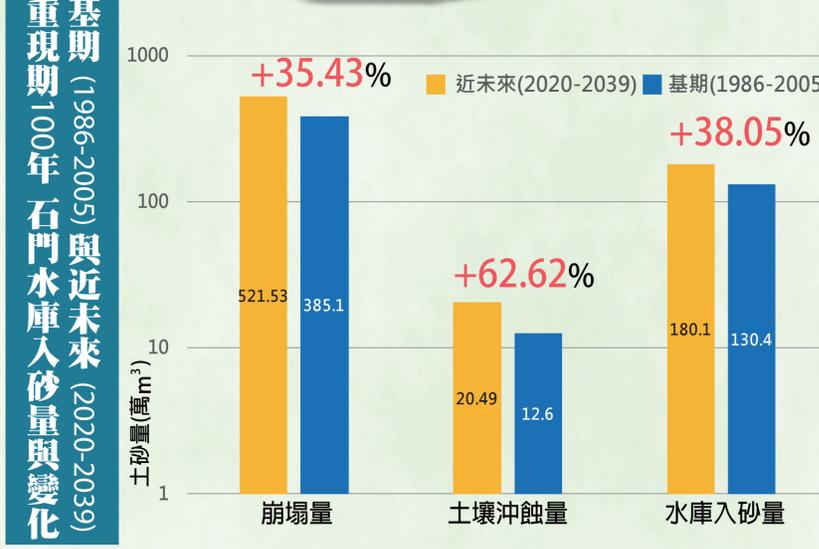
探討分析期間水雨量是否有顯著變異點

MK檢定	是否有顯著變異點				
	石門復興	霞雲	玉峰	白石	鎮西堡
年雨量	○	1995	○	○	○
豐水期	1997/1995	1995	○	1993	○
枯水期	○	○	○	○	○
不降雨天數	○	○	1990	○	○
最大一日降雨	1995	1995	○	○	1993

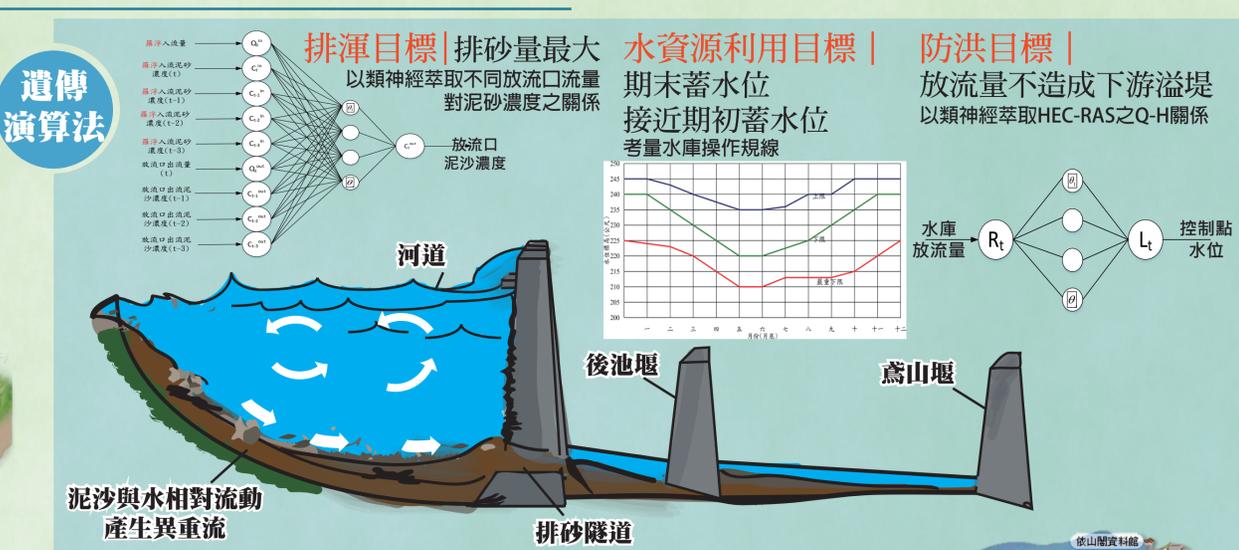
○ 未達顯著標準 ● 達顯著標準；變異點年分

水庫集水區土砂產量評估

水庫入砂量=崩場地產砂量+土壤沖蝕量
近未來(2020-2039)入庫土砂量重現期100年最大一日暴雨之入庫土砂量為1207.5萬立方公尺，較基期增加216.68%入砂量。



最佳防洪減淤操作



最佳排洪排淤操作-排砂能力

颱風	排洪隧道	溢洪道	排砂鋼管	
薔蜜颱風	累積排砂量(萬噸)	11.99	9.36	44.11
鳳凰颱風	砂水比(kg/m³)	0.0012	0.0014	0.0331
辛樂克颱風	累積排砂量(萬噸)	6.69	0.93	30.77
	砂水比(kg/m³)	0.001	0.004	0.0276
	累積排砂量(萬噸)	59.7	58.92	156.26
	砂水比(kg/m³)	0.0024	0.002	0.0257



結論與建議

本計畫結合集水區土砂生產量評估及水庫防洪排淤操作最佳化模式，探討氣候變遷下石門水庫集水區之土砂產量變化及最佳防洪排淤操作規則，分析結果顯示石門水庫集水區受到氣候變遷影響下：

- ☑ 豐水期降雨量、降雨強度有顯著變化，枯水期則變化則較不顯著
- ☑ 強降雨現象也造成近未來(2020-2039)入庫土砂量較基期(1986-2005)有顯著提升

為此本計畫除提出防洪減淤最佳操作規則，確保水庫功能及延長水庫壽命的方法，達到水庫永續經營之目標。

氣候變遷下淹水災害評估-以臺南市為例

蕭逸華^{1*}、趙益群¹、陳倫存¹、許至璵²、姜欣妤¹、鄭兆尊¹、葉克家³

1. 國家災害防救科技中心
2. 國家高速網路與計算中心
3. 國立交通大學

* 新北市新店區北新路三段200號9樓 · Email: xiaohua@ncdr.nat.gov.tw

前言

為了解氣候變遷下未來對臺南市可能所造成的淹水災況，本研究採用日本氣象廳氣象研究所發展的高解析度大氣環流模式(MRI-AGCM 3.2S)推估值(Mizuta et al. 2012)，並使用CMIP5中暖化情境為RCP 8.5 (Mizuta et al. 2014)作為條件，其水平空間解析度為20km。但此空間解析度仍無法有效解析臺灣因為地形效應所造成的強降雨，因此使用區域數值預報模式(WRF)對MRI-AGCM3.2S推估資料進行動力降尺度，並進行偏差校正，此氣後資料之水平空間解析度設定為5km。

為挑選適合的氣候變遷條件下颱風事件資料，本研究依總雨量排序，將20世紀末期及21世紀末期之颱風場次挑出排序前30場進行SOBEK淹水模擬。將藉此颱風事件模擬進行探討在20世紀末期與21世紀末期臺南市可能淹水災害境況，可將此作為後續防洪之參考。

研究區域

本研究區域以臺南市為例，位於臺灣西南部的嘉南平原，面積 2,192 平方公里，市內有五條主要中央管河川貫穿本市流入臺灣海峽，由北而南分別為八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪。介於急水溪和曾文溪之間的普通河川，包括有將軍溪及七股溪等水系，本研究採經濟部水利署集水區劃分，將其通稱為將軍溪。

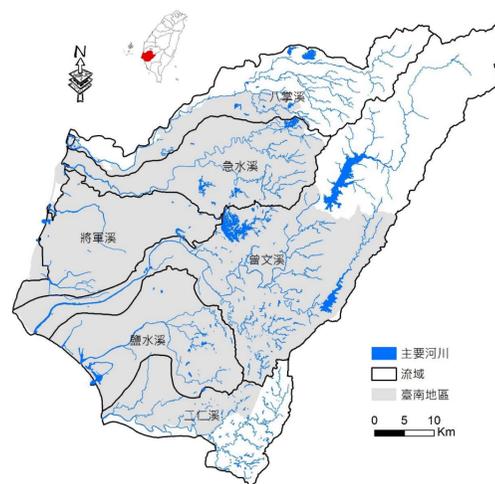


圖1 臺南市與涵蓋流域示意圖

模擬成果

本研究應用SOBEK淹水模式進行氣候變遷下淹水境況模擬，下圖為20世紀末期(1989-2003)與21世紀末期(2075-2099)颱風事件排序前30場淹水面積與深度比較圖。由此成果可看出各場次在研究區域的最大淹水深度高低及面積的多寡。最嚴重淹水場次在20世紀末期為TOP3；21世紀末期為TOP2。20世紀末期排序前30場之淹水面積平均約佔26.76km²；21世紀末期可看出較明顯且嚴重淹水境況，排序前30場淹水面積平均約佔88.65km²，兩時期平均淹水面積相差約3倍。

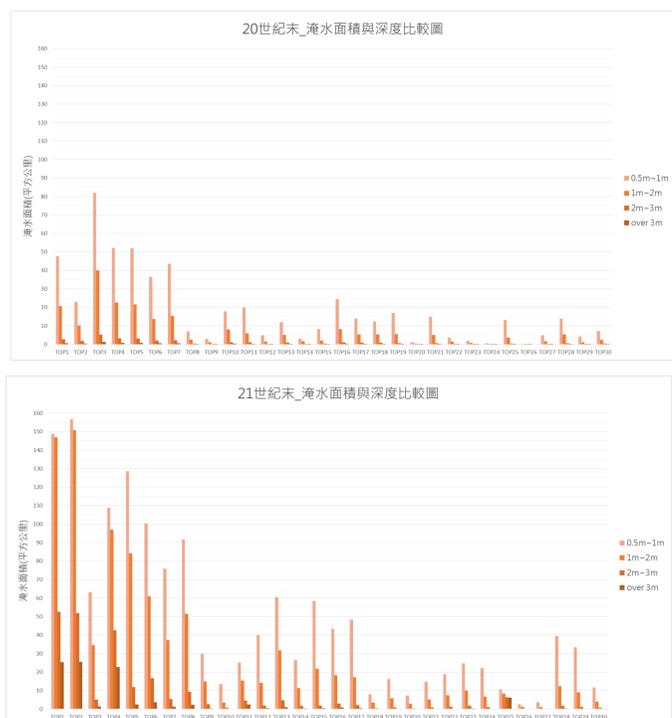


圖2 淹水面積與深度比較圖

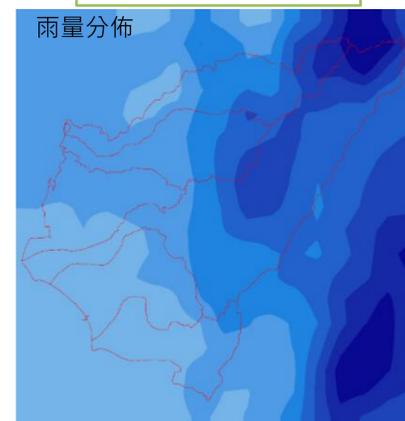
最劣災況場次比較

20世紀末 TOP3場次

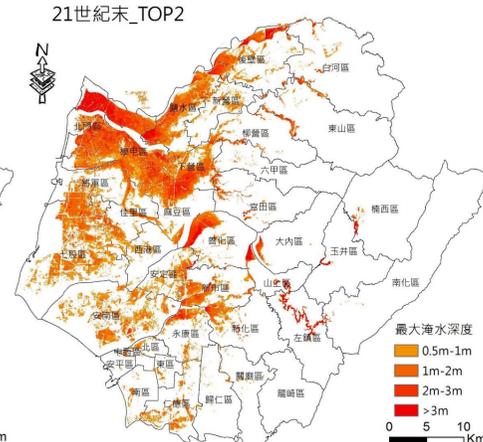
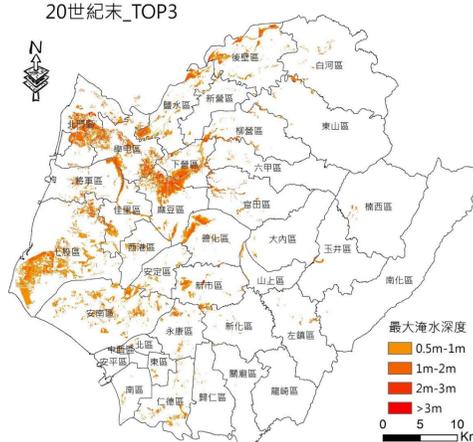
21世紀末 TOP2場次



20世紀末_TOP3



21世紀末_TOP2



20世紀末期最劣災況場次為TOP3場次，淹水面積約佔128.50km²，淹水深度多數介於0.5m至1m之間，約佔64%，多數集中於八掌溪與急水溪之中下游以及曾文溪下游沿海地區。21世紀末期最劣災況場次為TOP2場次，淹水面積約佔384.88 km²，淹水深度多數介於0.5m至1m之間，約佔41%；次多為39%，介於1m至2m之間，各流域下游皆有局部淹水，災況最為嚴重為八掌溪與急水溪中下游地區。以上兩場可看出雨量分佈情況與淹水分佈有密切的關連性。