

「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫(TCCIP)」 第三期計畫成果發表會

氣候變遷衝擊與調適-淹水領域

國立陽明交通大學 防災與水環境研究中心 葉克家 教授

國家高速網路與計算中心 許至璵 副研究員

國科會工程處 趙益群 助理研究員

國家災害防救科技中心 蕭逸華、陳俊哲 佐理研究員





■ 淹水危害與衝擊分析

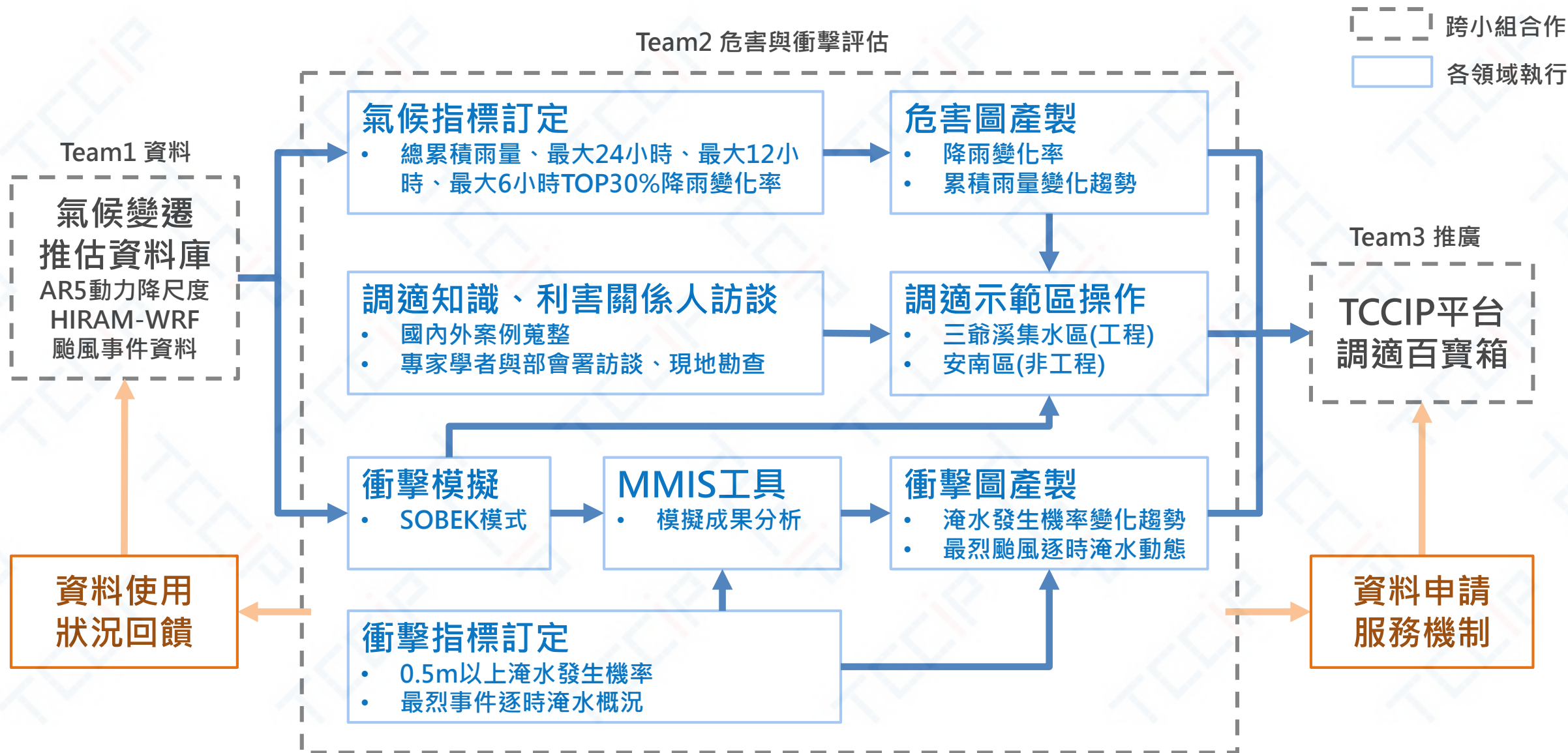
- 原五區→全臺危害與衝擊圖資產製
- 工具模組開發(MMIS)
- 圖資整合應用

■ 風險評估與調適知識

- 調適案例彙整
 - 國內外相關調適案例蒐集
 - 確認合適內容並彙整上架
- 調適示範區操作
 - 利害關係人訪談、現地勘查、可行性評估
 - 方案擬定與示範模擬操作

■ AR6資料測試

執行操作流程





淹水危害衝擊分析

危害圖與衝擊圖產製
工具模組開發
整合套疊評估應用

氣候變遷淹水衝擊模擬分析



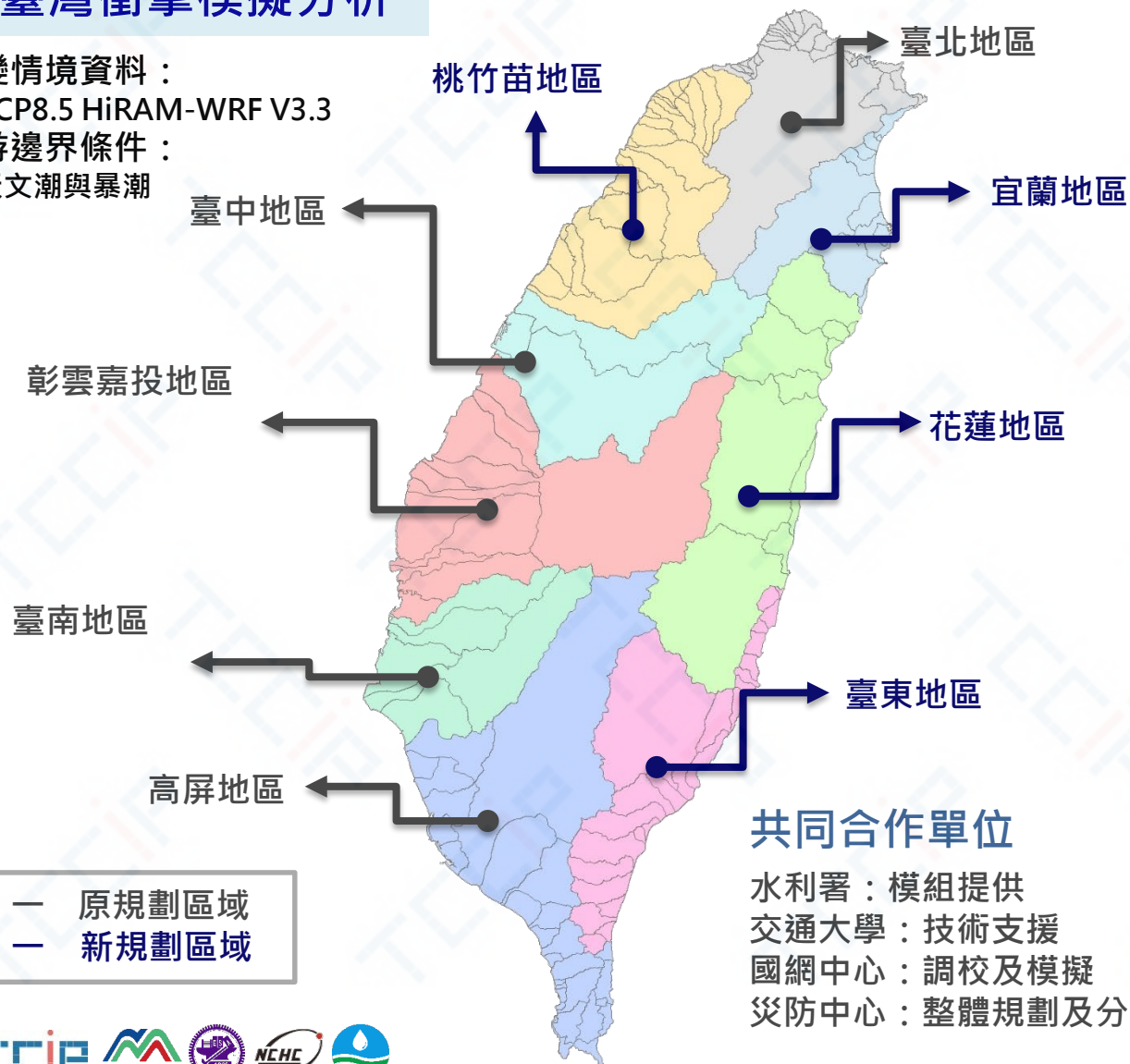
全臺灣衝擊模擬分析

氣變情境資料：

➢ RCP8.5 HiRAM-WRF V3.3

下游邊界條件：

➢ 天文潮與暴潮



危害指標：(基期 vs RCP8.5世紀中)

不同指標排序前30%場次

- 總累積雨量變化率
- 最大24小時累積雨量變化率
- 最大12小時累積雨量變化率
- 最大6小時累積雨量變化率
- 全臺灣各分區最大24小時累積雨量95百分位數值(區域平均)

衝擊指標：(基期 & RCP8.5世紀中)

- 最大24小時累積雨量排序前30%場次淹水發生機率
- 暖化後淹水發生最劣事件(極端颱風事件)

共同合作單位

水利署：模組提供

交通大學：技術支援

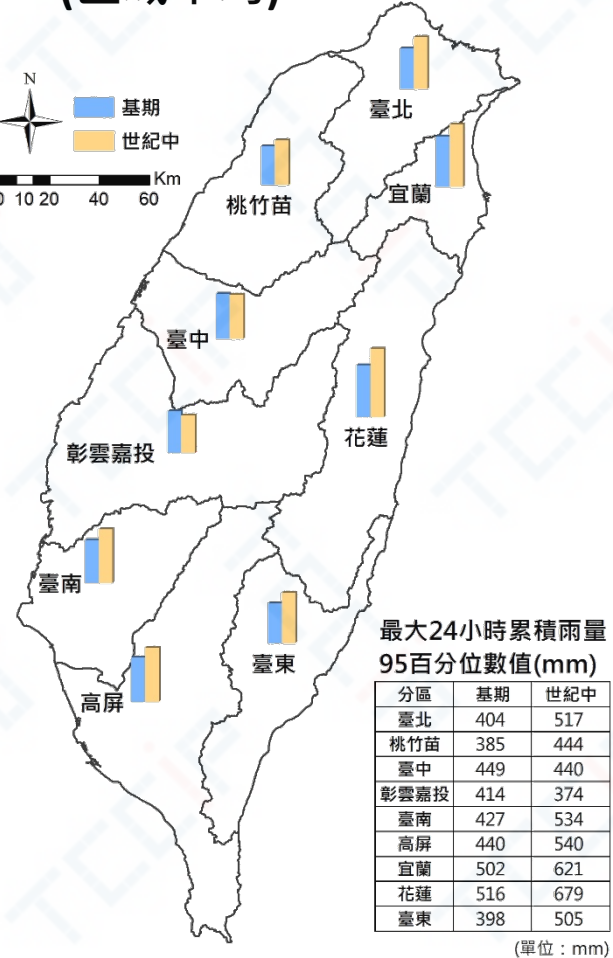
國網中心：調校及模擬

災防中心：整體規劃及分析

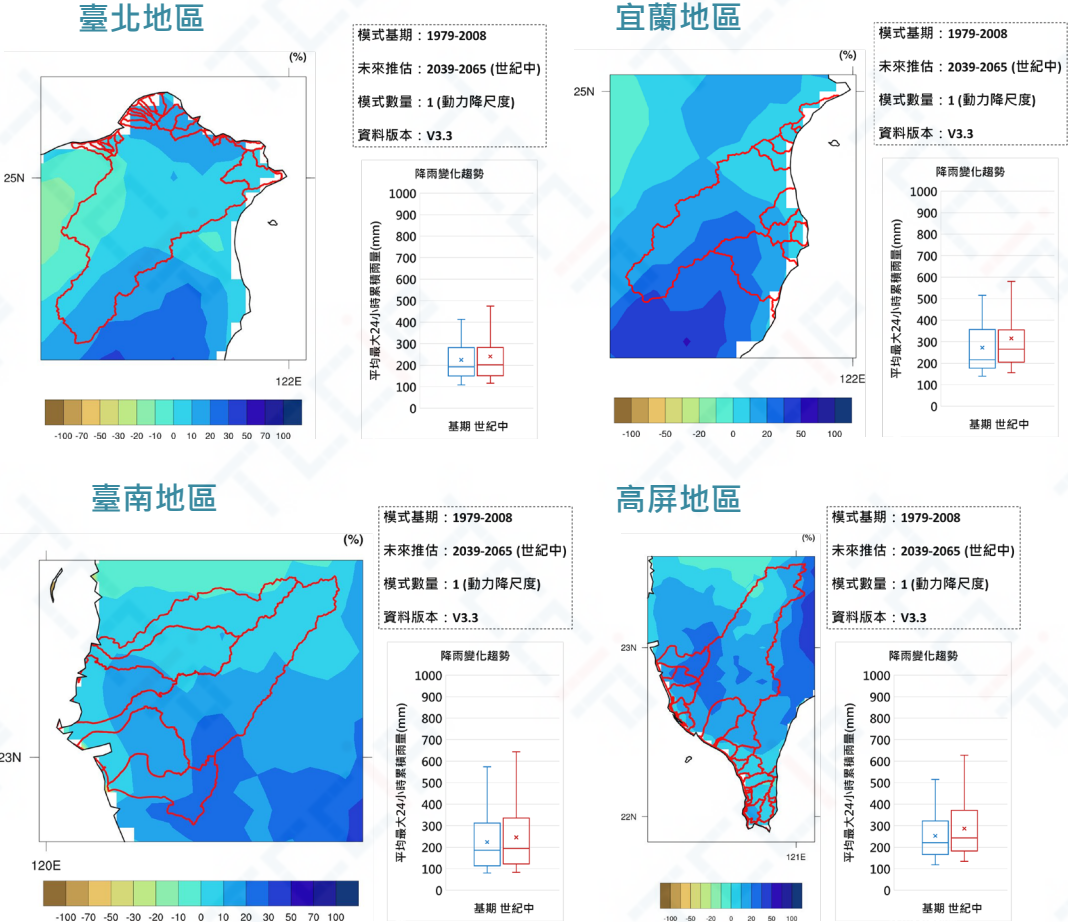
危害與衝擊圖資產製



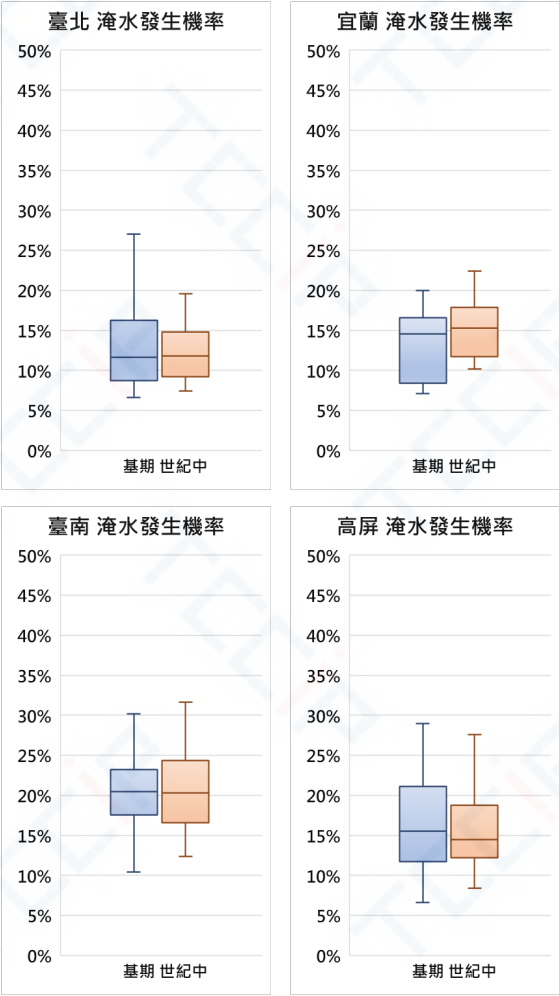
◆ 全臺灣各分區最大24小時 累積雨量95百分位數值 (區域平均)



◆ 最大24小時累積雨量排序前30%場次降雨變化率 [註]以四區為例



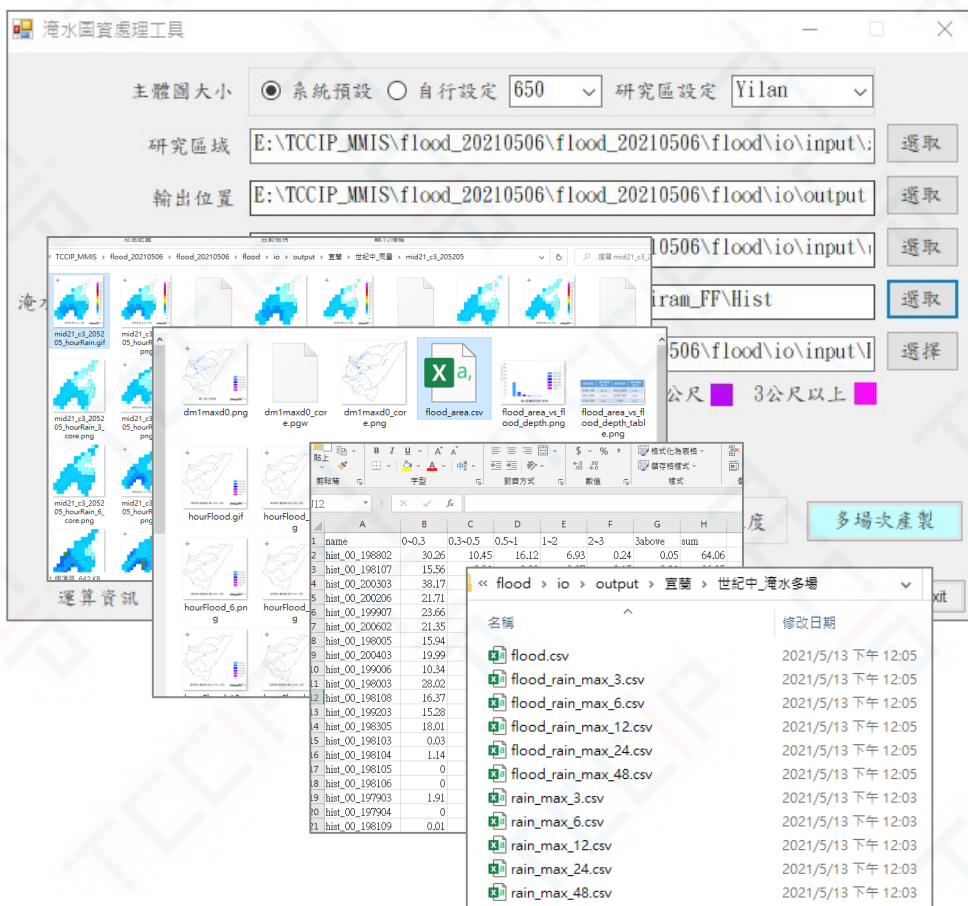
◆ 淹水發生機率趨勢 [註]以四區為例



MMIS工具模組開發



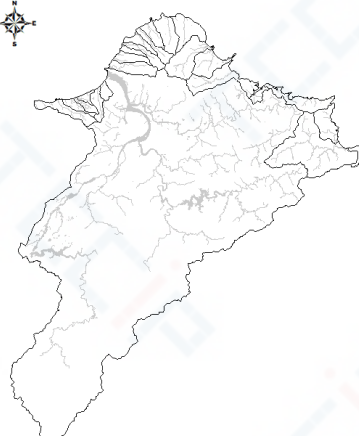
- ✓ 多場次快速運算累積雨量、淹水深，及各指標排序
- ✓ 自動化繪製雨量分布、淹水分布，及其逐時動態
- ✓ 產出對應相對圖檔與資料檔，可進行額外分析使用
- ✓ 淹水發生機率計算工具



◆ 暖化後淹水發生最劣事件(極端颱風事件)

[註]以四區為例

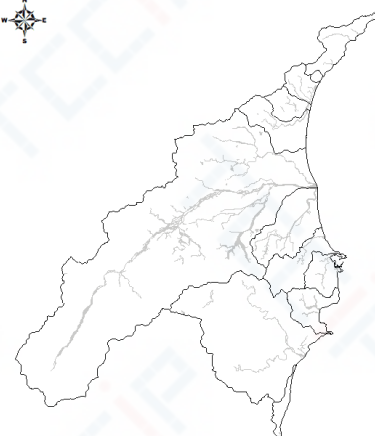
臺北地區



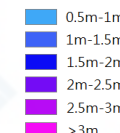
逐時淹水動態圖 (第 1/43 小時)



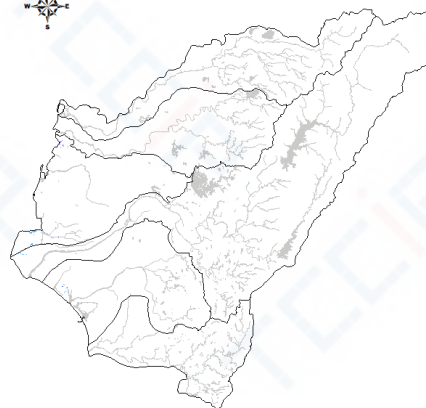
宜蘭地區



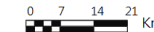
逐時淹水動態圖 (第 1/43 小時)



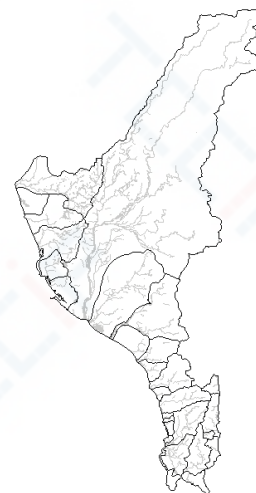
臺南地區



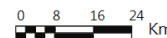
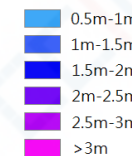
逐時淹水動態圖 (第 1/55 小時)



高屏地區



逐時淹水動態圖 (第 1/85 小時)

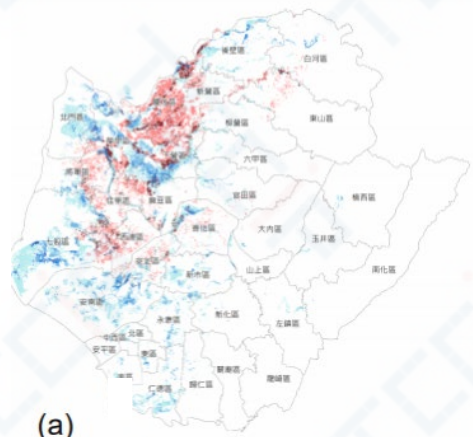


外部單位計畫應用評估

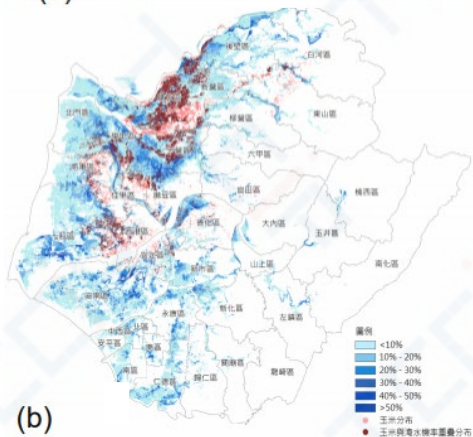


農委會 作物分析(2020)

臺南地區玉米主要栽種範圍
(depth $\geq$ 0.3m)



(a)

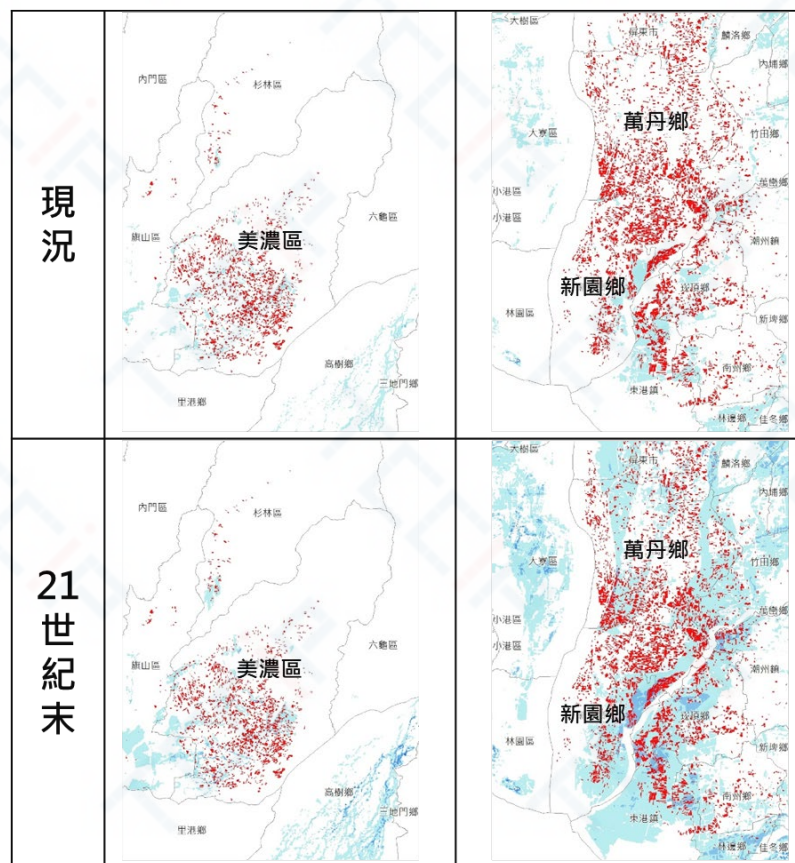


(b)

(a)現況之臺南市玉米受淹水影響分布位置
(b)暖化後臺南市玉米受淹水影響分布位置

農委會 作物分析(2021)

高屏地區紅豆主要栽種範圍
(depth $\geq$ 0.2m)

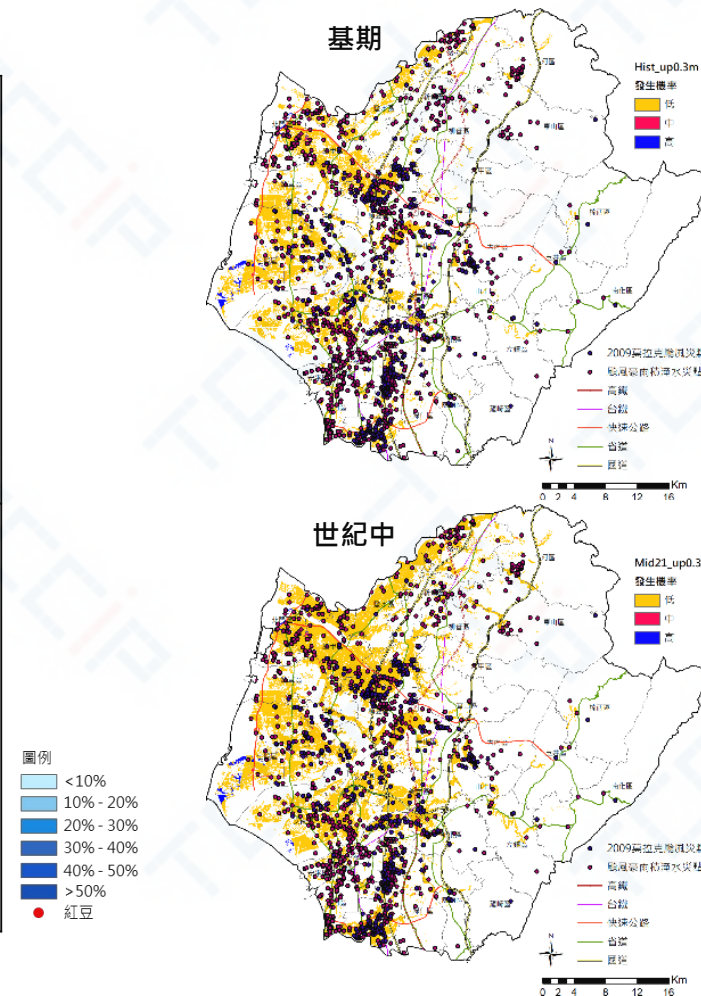


現況

21
世紀末

交通部運研所 測試(2021)

臺南地區鐵公路設施分析未來熱區
(depth $\geq$ 0.3m)



■ 淹水危害與衝擊圖資套疊應用-以宜蘭為例 (2022)

ORIGINAL RESEARCH article

Front. Environ. Sci., 02 September 2022

Sec. Interdisciplinary Climate Studies

<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.971609>

期刊：Environmental Science

Development and application of flood impact maps under climate change scenarios: A case study of the Yilan area of Taiwan

Yi-Hua Hsiao¹, Chun-Che Chen¹, Yi-Chiung Chao², Hsih-Chi Li¹, Ching-Hsien Ho^{3*},
Chih-Tsung Hsu⁴ and Keh-Chia Yeh⁵

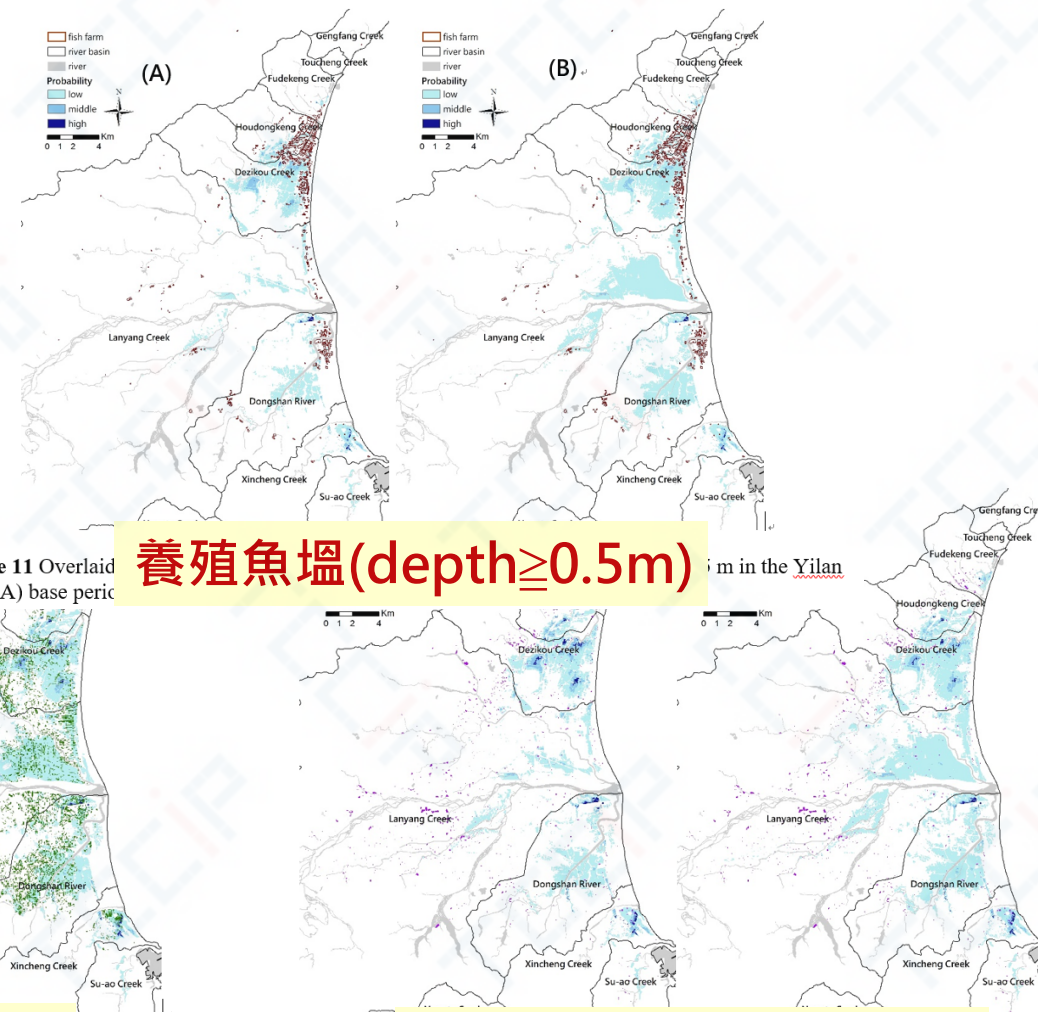


Figure 11 Overlaid maps of fish farms (depth ≥ 0.5 m) in the Yilan area: (A) base period and (B) future scenario.

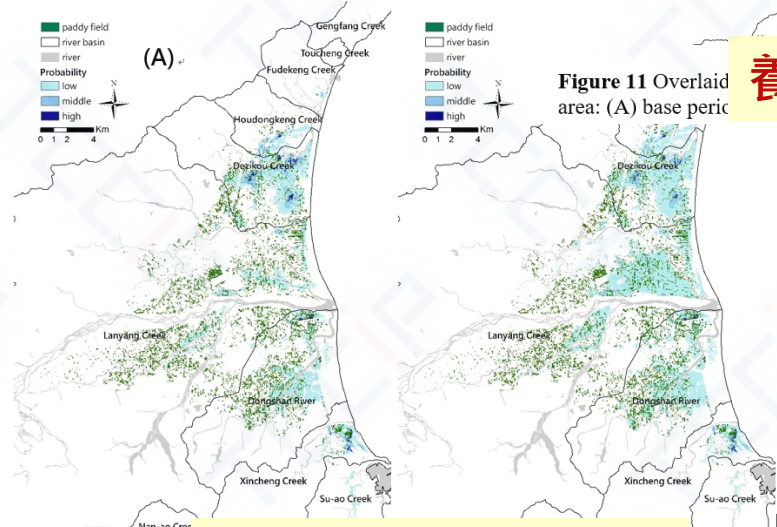


Figure 10 Overlaid maps of rice fields (depth ≥ 0.3 m) in the Yilan area: (A) base period and (B) future scenario.

Figure 12 Overlaid maps of livestock sheds (depth ≥ 0.3 m) in the Yilan area: (A) base period and (B) future scenario.



風險評估與調適知識

調適案例彙整
調適示範區操作

淹水災害相關調適案例彙整



資料蒐集

- FL01_屏東縣林邊鄉-光采濕地易淹水地區複合式調適方案
- FL02_臺南市仁德區-二行里水患自主防災社區建置
- FL03_臺南市安南區-新吉工業區滯洪空間建置
- FL04_嘉義縣朴子鎮-新塢滯洪池建置
- FL05_臺南市永康區-永康大排水系統整治
- FL06_荷蘭鹿特丹-倍思特姆廣場
- FL07_美國奧勒岡州波特蘭市-Tanner Springs Park
- FL08_嘉義縣東石鄉-掌潭村耐淹規劃
- FL09_丹麥哥本哈根-藍綠解決方案
- FL10_美國德克薩斯州-奧斯汀沃勒溪排洪隧道
- FL11_新加坡碧山-碧山宏茂橋公園與加冷河改造計畫
- FL12_中國天津市-天津文化中心
- FL13_丹麥萊姆達-萊姆達港防洪水牆
- FL14_丹麥羅斯基勒-Rabalder Parken
- FL15_歐洲-多瑙河流域防洪行動計畫
- FL16_美國路易斯安那州-紐奧良Seabrook Floodgate Complex
- FL17_美國加利福尼亞州納帕-納帕河防洪工程
- FL18_美國紐約州紐約市皇后區-皇后植物園設計工程
- FL19_捷克布拉格-伏爾塔瓦河防洪工程
- FL20_香港香港島-西雨水排放隧道
- FL21_美國南達科他州-Cottonwood Springs Dam滯洪水庫
- FL22_美國加利福尼亞州舊金山灣區-阿拉米達淹水潛勢防治計畫
- FL23_加拿大多倫多-Corktown Common
- FL24_德國奧斯特菲爾德-奧斯特菲爾德-Schamhauser Park
- FL25_德國奧芬巴赫-奧芬巴赫港改善計畫
- FL26_美國加利福尼亞州-貝尼西亞排水系統
- FL27_美國堪薩斯州-拉貝特縣183號橋修建工程
- FL28_美國路易斯安那州-紐奧良東堤後LPV 111重建工程
- FL29_韓國首爾-漢溪川整治

重點轉譯

香港香港島西-雨水排放隧道

1996 年開展「雨水排放系統整體計劃」的工程研究，其中一項為「香港島西雨水排放系統整體計劃研究」，該計畫於西部的範圍包括怡和、域、石塘咀、西營盤、上環、中環和灣仔地區的排水系統。研究的

馬來西亞吉隆坡-SMART 隧道系統

(TSS) In Road Network Operations

採取的改善作為(Taking action)

該隧道可將部分洪水導入預定貯池，送往雨水庫後，經變壓器後，輸入主排水道，以有效降低市區河道水位，利於雨水下水道系統內水

嘉義縣東石鄉-掌潭村耐淹規劃

耐式防水上可採用併用可隨水位高度上下浮沉的兩層式：通式防水可針對室內進行改造，如在基礎牆體上加裝可升降裝置，除上述方法，亦規劃改造活動中心為耐性創造之措施，並對新建建築系統

丹麥哥本哈根-因應氣候變遷與都市發展之藍綠解決方案

解決方案

哥本哈根為丹麥首都，並為丹麥之最大城市與最大港口，2011 年

德國奧芬巴赫-奧芬巴赫港改善計畫

奧芬巴赫港(Offenbacher Hafen)，位於德國奧芬巴赫，近十幾年來，水庫發展和創建生態城市已成為主要城市自然對策的熱門要案。德

丹麥瓦埃勒市-SMART Water Vejle 解決方案

瓦埃勒市(Vejle)為丹麥南部丹麥大區的城市，是瓦埃勒地區(Vejle Fjord)，位於瓦埃勒山區的處境，兩條河流匯入地境，為一個容易發生水災之地形。過去歷史紀錄中，由於上述地形，當降大雨或暴風雨來臨時，再加上水位高漲，導致經常受到洪水的侵襲，此外，隨著海平面上升變得更加劇烈，平均海平面繼續上升以及風暴更加頻繁，氣候變化的影響提升了災害的嚴重程度。

根據專家學者推算，到2050 年，瓦埃勒的海平面預計將增加25 公分，因此面臨嚴重的洪水風險，故當地需要一解決方案來改善該城市現有的防洪結構。

透過轉移結構的特定操作來保護城市的第一部分免受洪水侵襲，可能導致哥本哈根其他地區的洪水氾濫。同樣，若將水閘門長時間關閉，河流的水質亦將受到影響，故為了有效防洪及改善水質，當地公司(D.R. Hovten Ing. DRH)實施了一-SMART Water Vejle 解決方案。

除了硬體防洪設施的增設，並選定了三個示範社區，用於嘗試不同的復原專案，從有形的基礎設施到社區防範意識的提供，例如淡水區域成為風暴管理和洪水適應的示範區域，其中供大部分將納入日常公共空間，以提高其韌性。

平台展示

地圖 衛星檢視

德國-佛萊堡哈倫德廣場調適工程

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

馬來西亞-吉隆坡 SMART 隧道系統

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

日本-東京G-Cans地下排水系統

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

臺灣-新北市瑞芳區員山子分洪工程

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

韓國-首爾清溪川整治與復興計畫

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

美國-路易斯安那州LPV 111重建工程

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

美國-堪薩斯州拉貝特縣183號橋修建工程

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

美國-加州貝尼西亞排水系統改善計畫

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

德國-奧芬巴赫奧芬巴赫港改善計畫

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

德國-奧斯特菲爾德奧斯特菲爾德公園

建設目標：結構和物理性措施
主要議題：結構和物理性措施
核心內容：結構和物理性措施
案例性質：實務操作

淹水領域相關案例目前彙整36例 持續蒐整中...

目前上架於平台國內外調適案例



國內

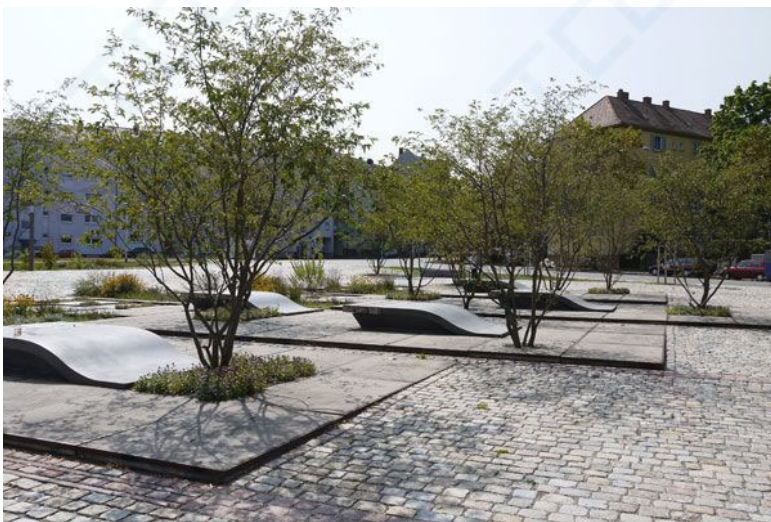
國外

調適選項	調適案例名稱	國家	調適手段			
結構和物理性選項	新北市瑞芳區-員山子分洪道	臺灣	流量分洪			
結構物理&社會性	嘉義縣東石鄉-掌潭村耐淹規劃	臺灣	建物改造	提升防災觀念	產業轉型	
結構和物理性選項	屏東縣林邊鄉-光采濕地易淹水地區複合式調適方案	臺灣	土地轉型	堤防加高		
社會性選項	臺南市仁德區-二行里水患自主防災社區建置	臺灣	防災社區			
結構和物理性選項	臺南市安南區-新吉工業區滯洪空間建置	臺灣	滯洪池	分洪排水		
結構和物理性選項	嘉義縣布袋鎮-新塢滯洪池建置	臺灣	滯洪池			
結構和物理性選項	臺南市永康區-永康大排系統整治	臺灣	流量分洪	滯洪池	堤防護岸改善	下水道導流
結構和物理性選項	日本東京-G-Cans地下排水系統	日本	分洪排水	抽水站	增加蓄洪面積	
結構和物理性選項	韓國首爾-清溪川整治	韓國	河道整治與拓寬			
結構和物理性選項	香港香港島-西雨水排放隧道	香港	下水道導流	蓄水池		
結構和物理性選項	馬來西亞吉隆坡-SMART隧道系統	馬來西亞	分洪排水			
結構和物理性選項	美國南達科他州-Cottonwood Springs Dam滯洪水庫	美國	滯洪水庫			
結構和物理性選項	美國加利福尼亞州舊金山灣區-阿拉米達淹水潛勢防治計畫	美國	分洪排水	增加蓄洪面積	抽水站	
結構和物理性選項	美國加利福尼亞州-貝尼西亞排水系統	美國	修建排水系統	增設大型抽水站		
結構和物理性選項	美國堪薩斯州-拉貝特縣183號橋修建工程	美國	修建橋梁下排水通道			
結構和物理性選項	美國路易斯安那州-新奧爾良東後堤LPV 111重建工程	美國	防洪堤修建			
結構和物理性選項	美國加利福尼亞州納帕-納帕河防洪工程	美國	修建及增設堤防	恢復沼澤地		
結構和物理性選項	美國紐約州紐約市皇后區-皇后植物園設計工程	美國	明渠及下水道導流	雨水收集	增加蓄洪面積	
結構和物理性選項	美國奧勒岡州波特蘭市- Tanner Springs Park	美國	滯洪池	雨水蒐集		
結構和物理性選項	加拿大多倫多-Corktown Common	加拿大	滯洪池	堤防修建		
結構和物理性選項	德國奧斯特菲爾德爾恩-Scharnhäuser Park	德國	增加蓄洪面積	分洪排水		
結構和物理性選項	德國奧芬巴赫-奧芬巴赫港改善計畫	德國	防洪牆	分洪排水		
結構和物理性選項	德國佛萊堡-Zollhallen Plaza氣候調適工程	德國	易滲透鋪面	蓄水槽		
結構和物理性選項	捷克布拉格-伏爾塔瓦河防洪工程	捷克	增設防洪堤	自然導流		
結構和物理性選項	荷蘭鹿特丹-倍恩特姆廣場	荷蘭	滯洪池	雨水蒐集		

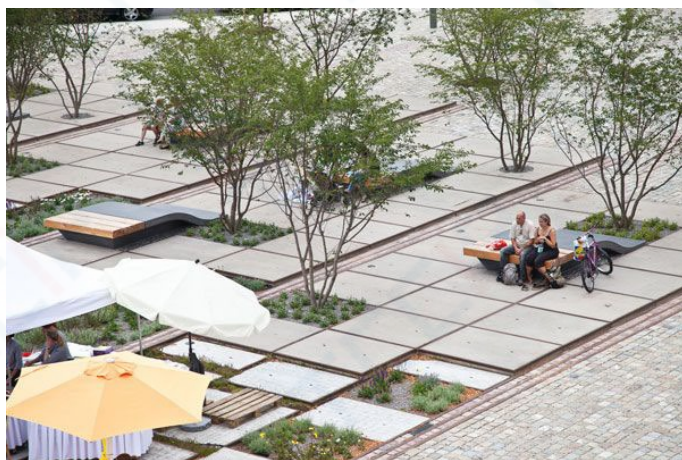
重點案例分享



德國佛萊堡-Zollhallen廣場 氣候調適工程



植被區+
大型可滲透平板



一般降雨



10年重現期降雨



100年重現期降雨

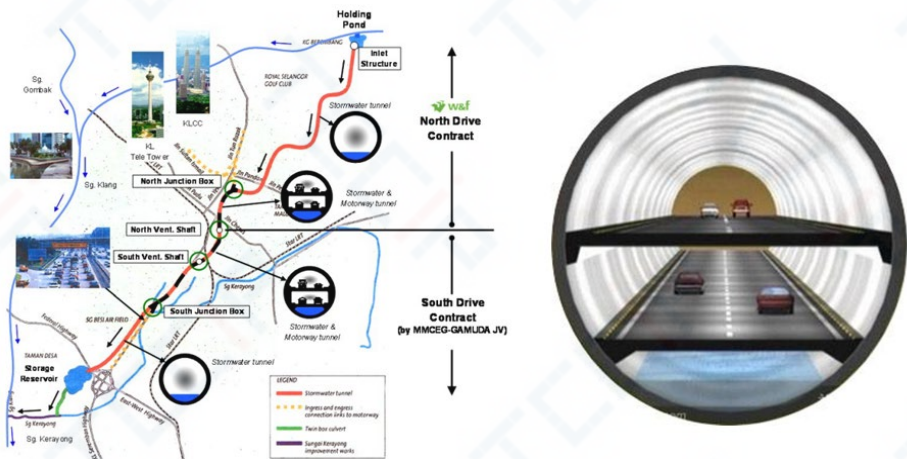


土壤下蓄水池，透過排水梯度收集多餘的水，水從水箱中的溢流管流到儲水槽，然後再慢慢入滲至土壤中。

在100年的洪水，廣場大部分將會被淹沒。為使水位得到一定程度的控制，提供了安全區，該安全區位於較高的位置，可防止水外溢。該洪水將透過可滲透的鋪面和植被緩慢滲透。

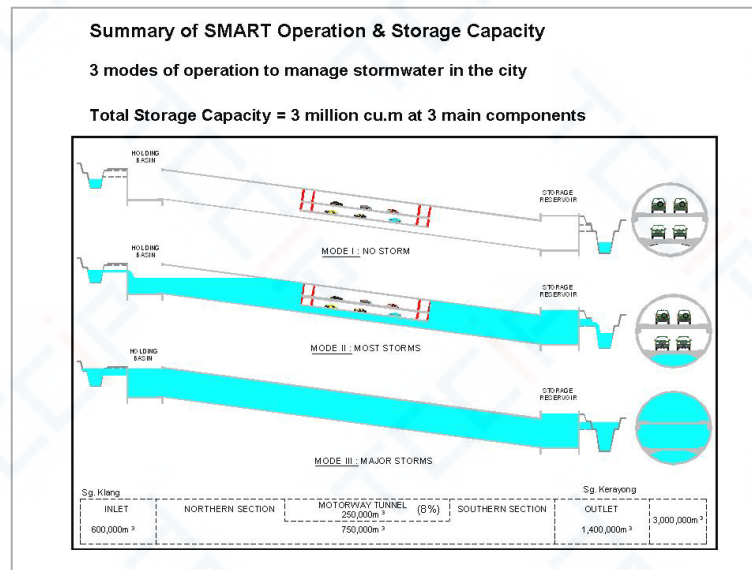


馬來西亞吉隆坡- Stormwater Management and Road Tunnel (簡稱SMART計畫-精明隧道)



(圖片來源：Mohd Saleh Santhiman et al. 2006)

多年來無法預測的山洪氾濫一直是困擾吉隆坡的一個重要課題。此案例同時也是一個既可以開車行駛又可以充當排水溝以應對洪水的隧道。9.7公里隧道具有兩個功能：減少吉隆坡的山洪暴發及減少尖峰時段的交通擁堵，該隧道更是東南亞最長、亞洲第二長的防洪水道。



(模式1)正常情況

不會有水量導入排洪隧道內

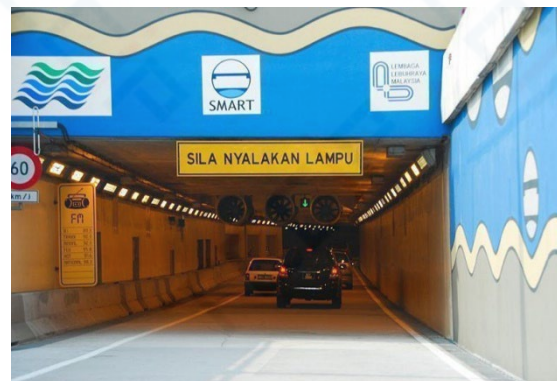
(模式2)中度洪水情況

透過位於車道下的分洪隧道進行分洪，仍可正常運行通車

(模式3)大型暴雨事件

汽車通道將全面關閉並開啟自動水密門，整條隧道做排洪之用，最高可容納300萬立方公尺水量，約可削減100年重現期之尖峰洪水。

洪水結束後，進行隧道安全檢查，並使用壓力水柱清洗後，高速公路與隧道會於48小時內恢復通車。



(圖片來源：<https://www.amusingplanet.com/2013/05/smart-tunnel-in-kuala-lumpur-storm.html>)

調適示範區規畫執行請教-利害關係人訪談



2020.03.06
成大水利系游保杉老師



2020.03.12
成大都計系林峰田老師



2020.06.20
水規所灌排課劉敏梧課長



2020.03.13
臺南水利局雨水科吳書旭科長



2020.03.13
成大防災中心臧運忠副主任



2020.07.24
成大都計系張學聖老師



2020.09.11
成大都計系葉如萍老師



2020.10.18
成大城鄉調適工作坊



2021.04.06
北大都計所廖桂賢老師

1. 針對本計畫執行內容與宗旨概述
2. 調適示範區選定與執行規劃說明
3. 與專家學者討論調適示範區容執行方式與建議
4. 實地走訪現地了解情形



調適示範區-三爺溪 未來雨量分析



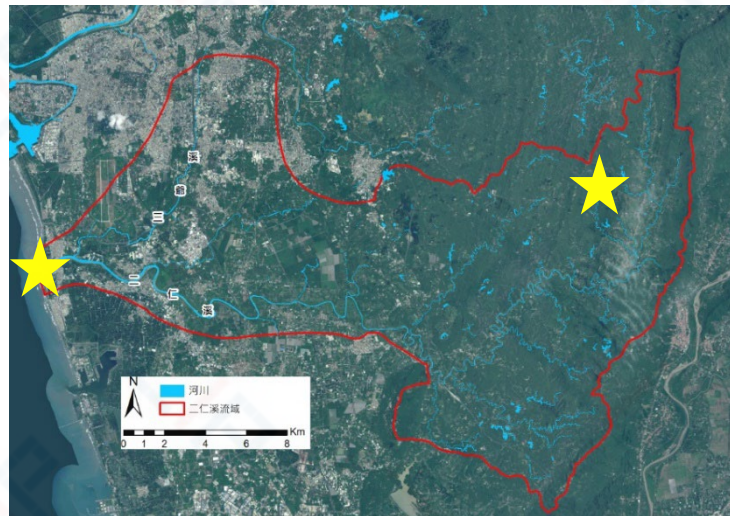
• RCP8.5 動力降尺度 HIRAM C384模式 V3.3版本

資料版本	時期	年份
HIRAM-C384 動力降尺度5km	基期	1979-2008
	世紀中	2039-2065

目前保護標準將無法
負荷未來之降雨強度
可提供當作未來設計參考



模擬範圍：



二仁溪為中央管河川 100年保護標準
三爺溪保護標準為10年重現期25年不溢堤

二仁河流域 24小時頻率分析

重現期距 (年)	二仁溪 河口 (mm)	深坑子 溪匯流 前(mm)	HIRAM 基期 (mm)	HIRAM 世紀中 (mm)
2年	261.8	277.5	225.66	295.93
5年	372.5	398.5	328.76	457.31
10年	435.4	470.2	398.36	576.48
25年	503.8	551.4	486.03	734.78
50年	547.8	605.8	550.65	856.06
100年	586.9	655.5	614.48	978.96

(二仁溪治理規劃報告)

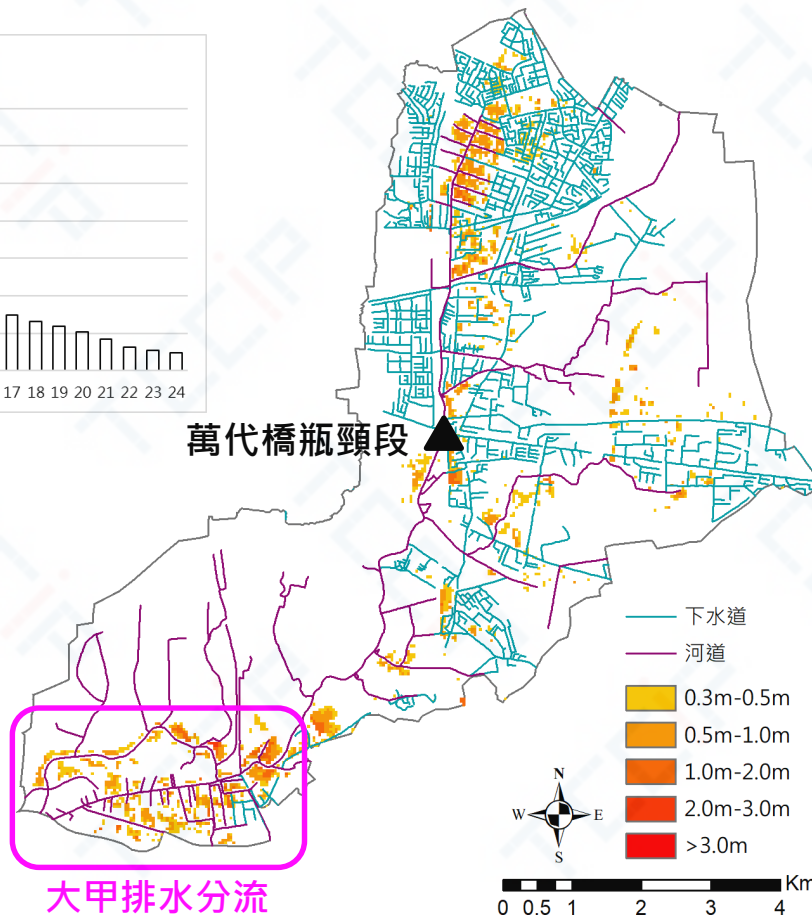
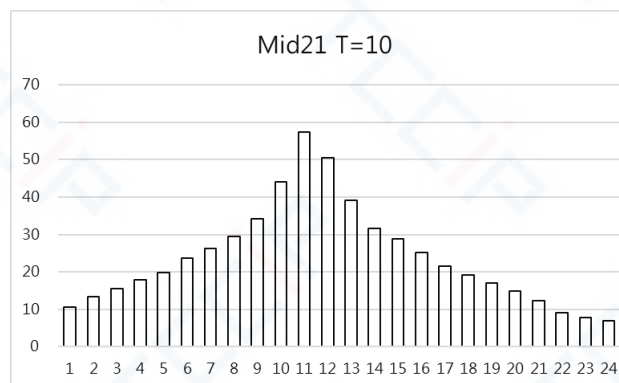
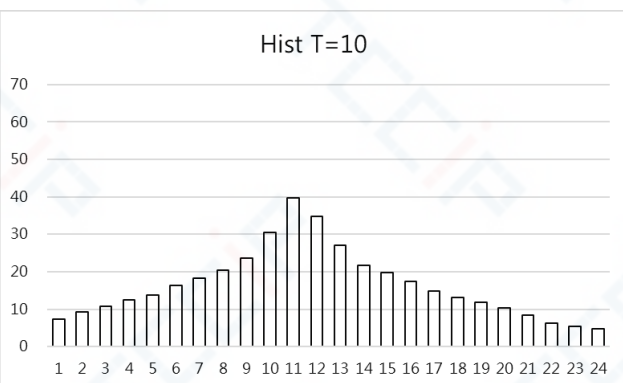
調適示範區-三爺溪 因應未來雨量模擬成果



現況工程不變，只有考量雨量(T=10yr)的變化

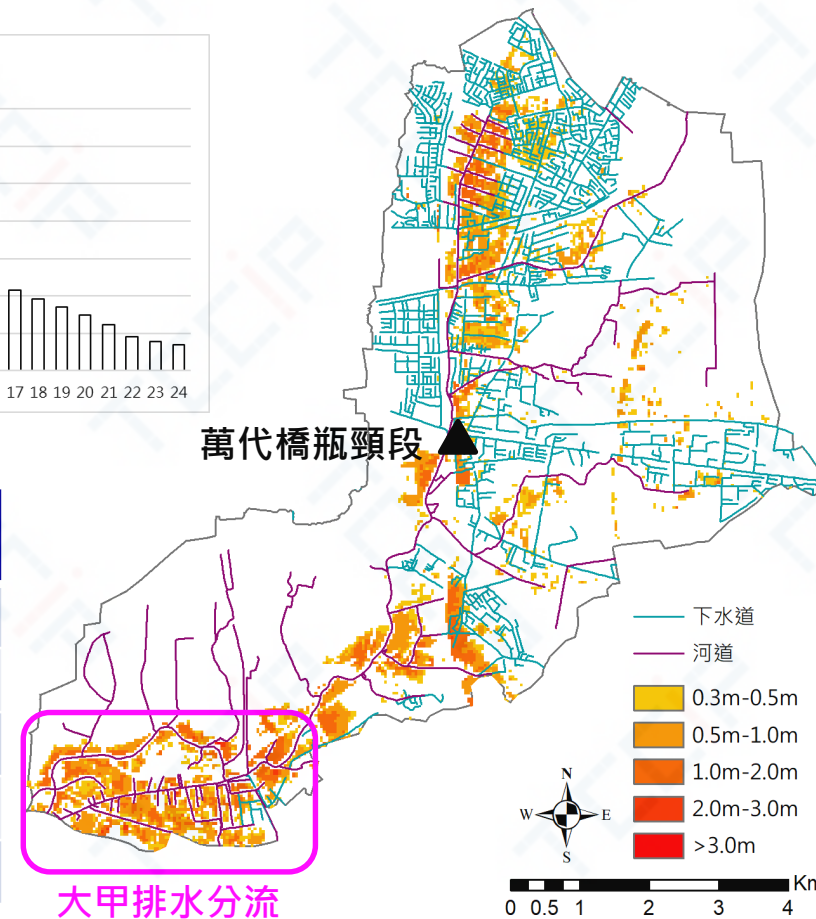
基期T=10yr

世紀中T=10yr



大甲排水分流

最大積淹水面積：596公頃



大甲排水分流

最大積淹水面積：1528公頃 17

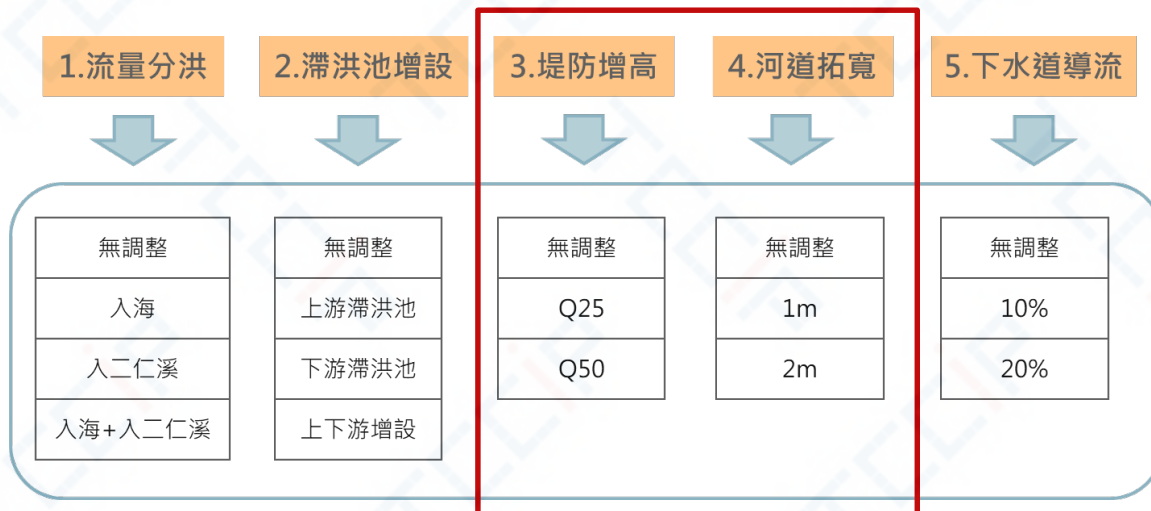
調適示範區-三爺溪 工程調適方案設計



◎水利局三爺溪未來中下游治理規劃方案

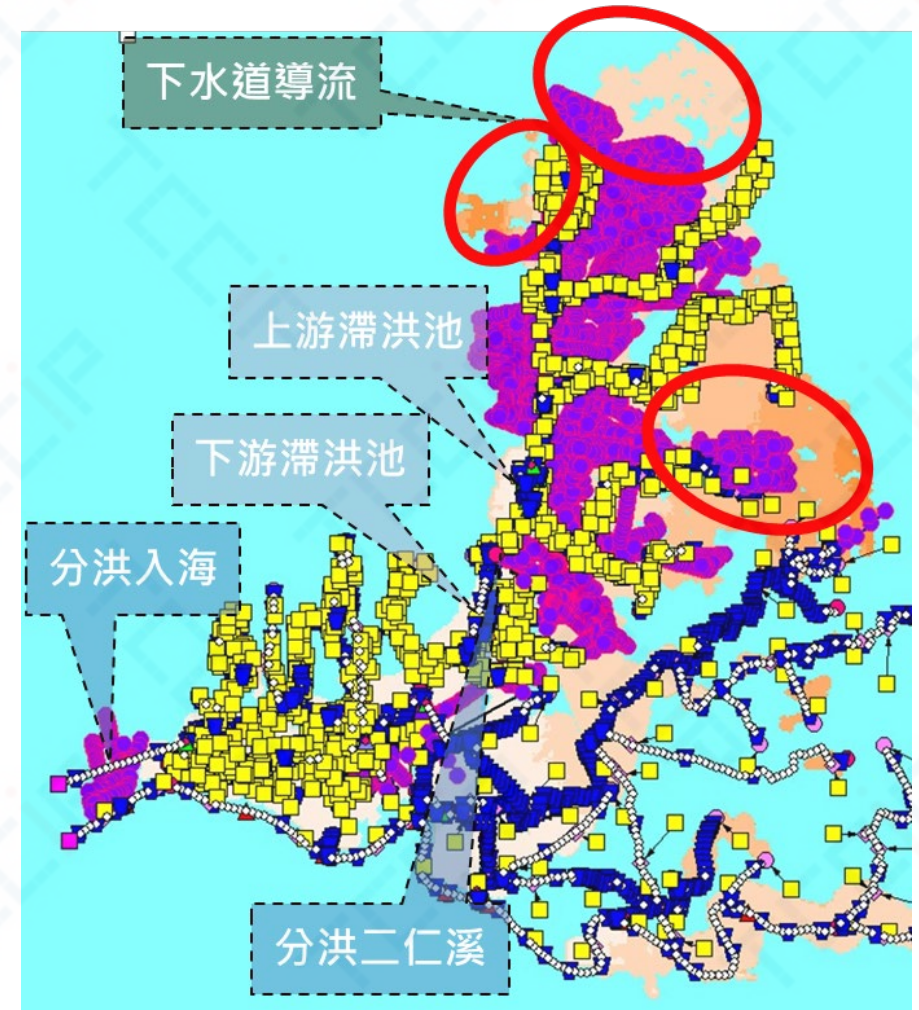
- 河道拓寬浚深
- 堤防加高
- 抽水站+抽水機
- 截流

◎本計畫設計方案說明與模型架構



與水利局規劃之類似操作方案

◎調整後架構



調適示範區-三爺溪 模擬成果範例展示



模擬成果 範例比較

[案例說明]

無調適：模式為原始架構

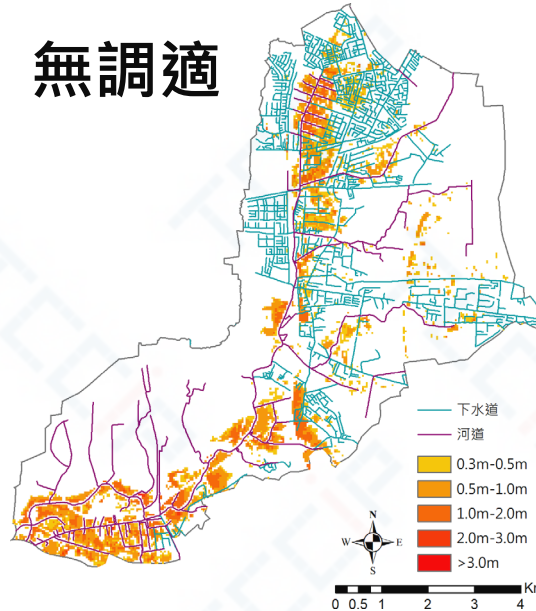
調適A：下游增設滯洪池

調適B：調適A+下水道導流20%

調適C：調適B+分洪入海及二仁溪

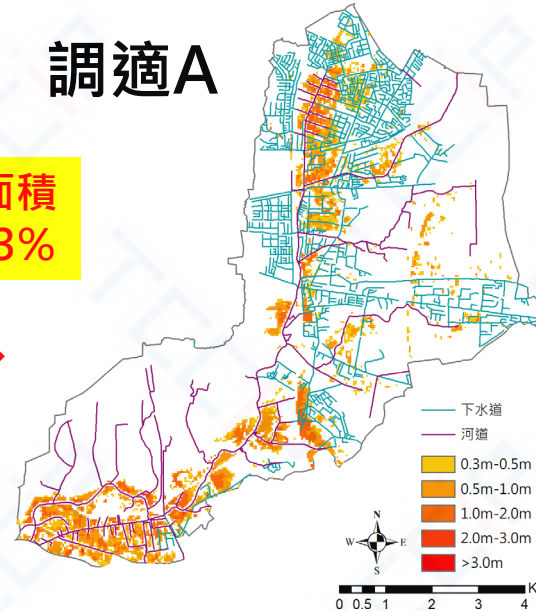
- ◆ 由此成果可看出上述方案在世紀中T=10雨量強度，災害程度有明顯減少，上述方法皆屬需從長計議之大型工程方法，針對極端氣候增加的趨勢，可將此示範案例作為未來規畫之參考構想。

無調適



調適A

積淹水面積
減少2.53%

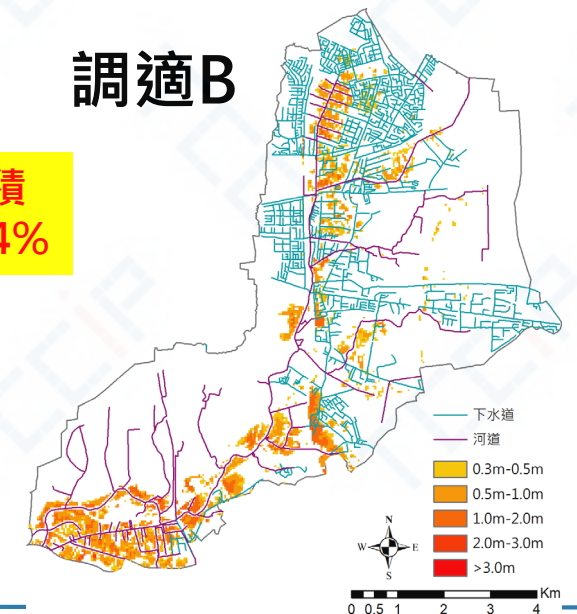
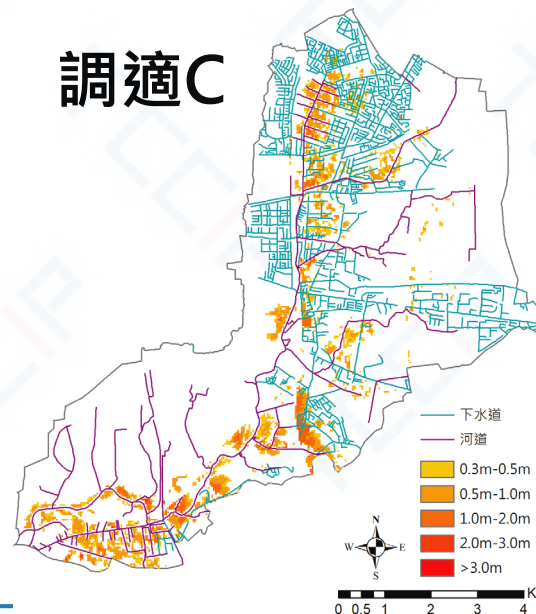


積淹水面積
減少15.73%

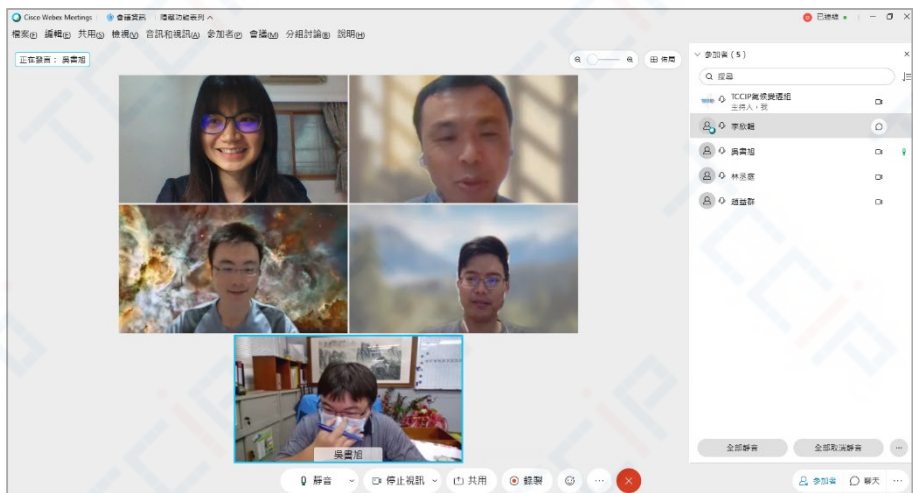
調適B

積淹水面積
減少24.34%

調適C



利害關係人成果回饋與建議



2021/05/27(四) TCCIP計畫 淹水領域專家訪談 臺南市政府水利局 雨水下水道工程科 吳書旭科長

重點討論與建議

氣候變遷情境雨量重現期分析

TCCIP計畫之氣候變遷情境雨量重現期分析成果非常值得參考，但執行相關工程需以中央所制定之水利法為設計依據，未來是否能在工程設計提升至極端情境可承受之保護標準，需於中央先行修正相關法規，才能調整地方政府實際執行之依據。

相關設計工程調適方案

除了水利局正在執行類似方案之外的方法，**滯洪池與導流部分因土地徵收、都市人口眾多等因素較難執行**，則在流量分洪部分則以集水區面積之相對流量分配的概念去針對三爺溪上游執行相關規劃。

未來操作建議

未來工程調適操作上，科長建議可了解**下水道的設計標準**(從去年已開始針對各區修訂中)，從其著手。



氣候變遷新資料測試

AR6統計降尺度日資料測試

AR6資料測試模擬成果



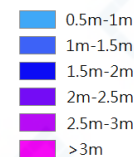
氣變情境資料：
AR6 統計降尺度 日降雨資料
(所有模式平均)

➤ 淹水範圍分布概況

[註]以桃竹苗50年重現期為例

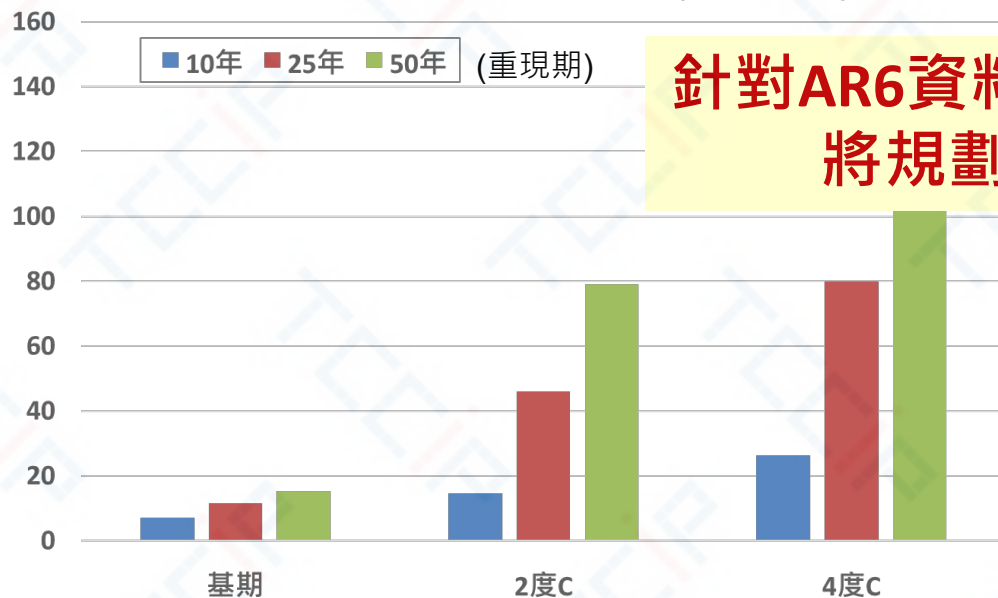


基期



➤ 淹水面積比較成果

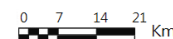
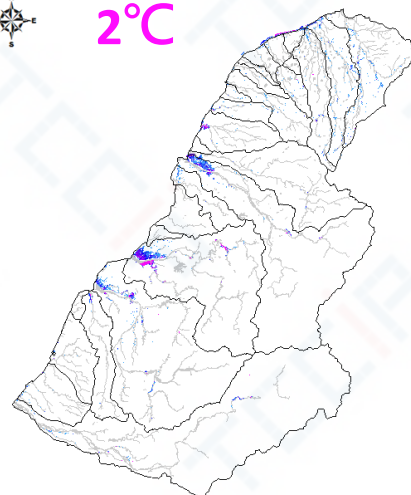
桃竹苗地區淹水面積分析成果(平方公里)



針對AR6資料更完整的淹水領域相關操作
將規劃於新一期計畫進行評估



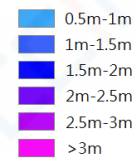
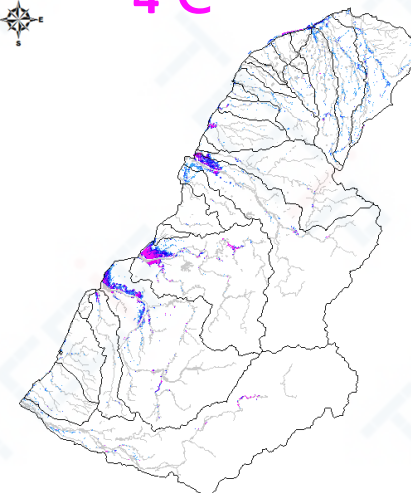
2°C



最大淹水深度圖



4°C



最大淹水深度圖

謝謝聆聽

