氣候變遷下花蓮溪流域調適的思維與作為

謝明昌[*]

摘要

受到氣候變遷影響，異常天氣逐漸常態化，臺灣地區也無可避免，面對颱風及豪雨期間一再破紀錄的降雨，河川防洪保護能力降低，囿於工程的侷限性，河川管理機關必須以流域整體系統性思考及創新性思維，導入風險管理概念超前部署，以系統性思考採取工程治理與非工程併進措施，推動流域調整改善及調適作為，同時提高承洪韌性，並善用科技及全民力量推動智慧水災防災，以因應氣候變遷衝擊，降低颱洪災害威脅及損失。

風險管理做得好，危機處理自然少。經濟部水利署第九河川局為花蓮溪的河川管理機關，為減緩及調適氣候變遷的衝擊，以風險管理取代危機處理，透過氣候變遷風險情境來評估河川的防汛熱點，據以進行流域整體改善與調適規劃，成立流域管理溝通大、小平台，凝聚共同的願景目標，對齊資源共同行動，降低流域內水道風險、土地洪氾的風險，並促進藍綠網絡及水岸縫合面向的公私協力及跨域合作，一起成就共好的河川環境。對於發生機率較

[1*] 經濟部水利署第九河川局局長。

低之極端降雨所引致超過堤防保護標準的致災風險，則從監控、預警、通報到應變四大面向來建構智慧化水災防災體系，結合中央、地方政府及全民防救災資源與能量，全面降低災害的威脅及損失，共同面對氣候變遷的衝擊與挑戰。

關鍵詞：氣候變遷、風險管理、危機處理、流域調適、公私協力、智慧防災

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

壹、 花蓮溪流域概況

一、地理環境

花蓮溪由經濟部水利署第九河川局負責治理與管理，流域東鄰海岸山脈，西以中央山脈與濁水溪流域為界，南臨秀姑巒溪流域，北與吉安溪為界，東、西兩側高山環繞，南、北則為較為平緩的縱谷平原，主流發源於大富西方偏北的拔子山（標高 2,260 公尺），主流全長約 57.28 公里，集水面積約 1,507.09 平方公里，平均河川坡降約 1/285，於吉安鄉注入太平洋。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

花蓮溪主、支流共有 11 條水系（花蓮溪、壽豐溪、荖溪、木瓜溪、南清水溪、鳳林溪、馬鞍溪、光復溪、馬佛溪、萬里溪、北清水溪），其中花蓮溪主流及木瓜溪、壽豐溪、萬里溪、馬太鞍溪、光復溪等 5 大支流的防洪保護標準採用 100 年重現期距，其餘支流為 50 年重現期距。截至 109 年為止，花蓮溪水系的整體治理率（已建堤防護岸長度／治理計畫全數待建堤防護岸長度）約達 95%。花蓮溪流域如圖 1。

圖 1　花蓮溪流域圖

資料來源：第九河川局。

二、流域特性

花蓮溪流域幅員遼闊，易致災河段及其致災成因亦有所差異。花蓮溪水系的上、中游河段坡度較陡，崩塌地範圍廣大，須特別注意颱風豪雨期間土砂災害及大量土砂運移致生的水道淤積及主流流路深槽擺盪；中、下游河段出山谷後坡降驟緩，由上游流下的粗顆粒砂石易沈積於谷口，其下游河段則視河道坡降變化及含砂量狀況沖淤互現，坡陡河段易有水流直衝堤防或沖刷破壞堤防基腳的風險。

花蓮溪水系經治理計畫檢討，歸納水災之主要原因略以：(一) 流域上游仍有大面積的崩塌地及土石流潛勢溪流，易伴隨豪大雨事件運移至下游致生災害。(二) 花蓮溪水系整體治理率雖達 95%，惟部分水利構造物設置年代久遠，設施老舊。(三) 花蓮溪中、上游區域部分河道寬度不足，支流內水不易排除，容易有積淹情事。(四) 部分支流排水因本身地勢較為低平，匯流處受外水頂托影響造成內水排出不易，致生淹水災害。(五) 部分跨河橋梁梁底高不足，影響河道通洪能力。

貳、 氣候變遷已無可避免，必須立即展開睿智的行動

世界銀行研究評估指出，臺灣是受天然災害威脅最嚴重地區。全球暖化造成冰河融化、海水溫度上升，所帶來的是海平面上升、颱風強度增加、強降雨或乾旱發生頻率亦均增加，其環境對海岸所造成的侵蝕、洪水與乾旱的危險性增大、土砂災害的加劇。根據科技部、中央研究院環境變遷研究中心、交通部中央氣象局、臺灣師範大學地球科學系、國家災害防救科技中心聯合發布之「IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告」可得知。顯見未來氣候無論哪種排放情境，全球地表將持續增溫，無論是理想減緩情境（SSP1-2.6）或最劣的情境（SSP5-8.5），未來推估臺灣年總降雨量、年最大 1 日暴雨強度、年最大連續不降雨日數、以及強颱比例均有明顯增加的趨勢，未來的水環境將面對豐愈豐、枯愈枯、以及極端降雨事件增加的嚴峻挑戰，氣候變遷的衝擊已經無法全然避免，必須立即採取全面性的減緩及調適策略，才能有效因應氣候變遷的衝擊。參考圖表：

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

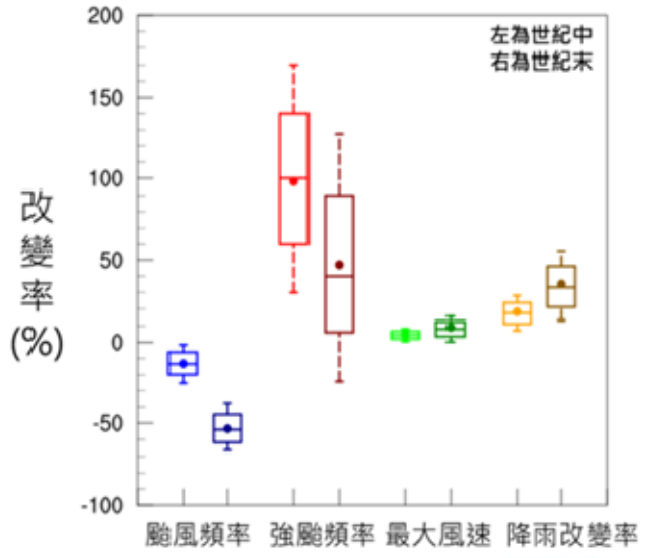

圖 2　未來颱風指標變化趨勢圖（RCP8.5 情境下）

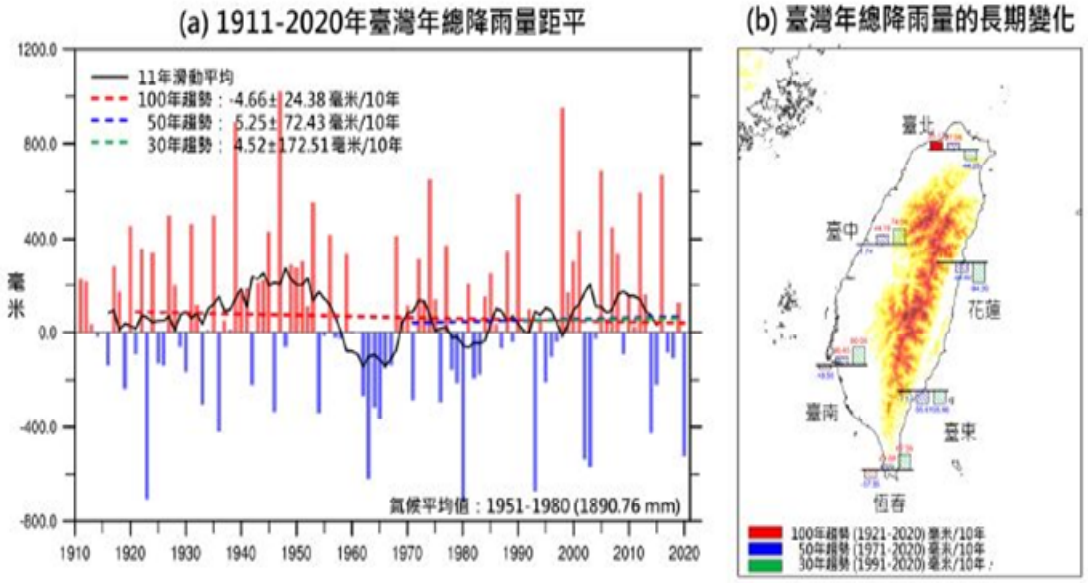

圖 3　臺灣年平均氣溫的時間序列與變化趨勢

圖 3 臺灣年平均氣溫的時間序列與變化趨勢。（a）1911-2020 年臺灣年平均氣溫距平，是臺北、臺中、臺南、恆春、花蓮和臺東 6 個測站氣溫的平均，黑線為 11 年滑動平均的結果，紅線為 100 年迴歸線，藍線為 50 年，綠線為 30 年，實線表示線性變化趨勢通過 95%的信心度檢定，虛線表示未通過檢定。根據各迴歸線斜率計算的變化趨勢標示於左上角，1951-1980 年氣候基期的平均氣溫標示在右下角。（b）長條圖從左到右是各測站 100 年、50 年、30 年的變化幅度。實心表示變化趨勢通過 95%的信心度檢定，空心表示未通過檢定。

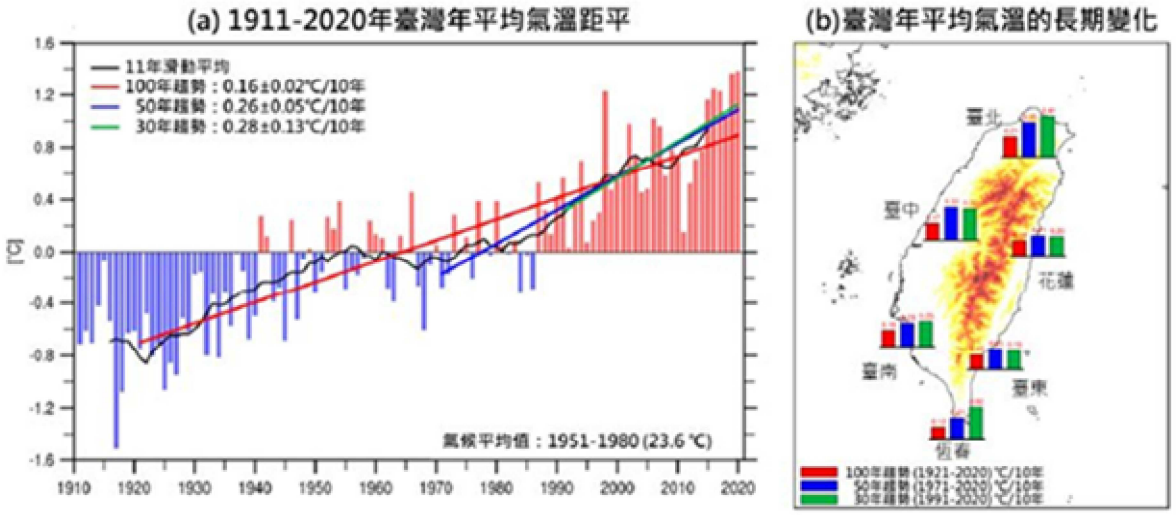

圖 4　同圖 3，但為年總降雨量。單位：毫米

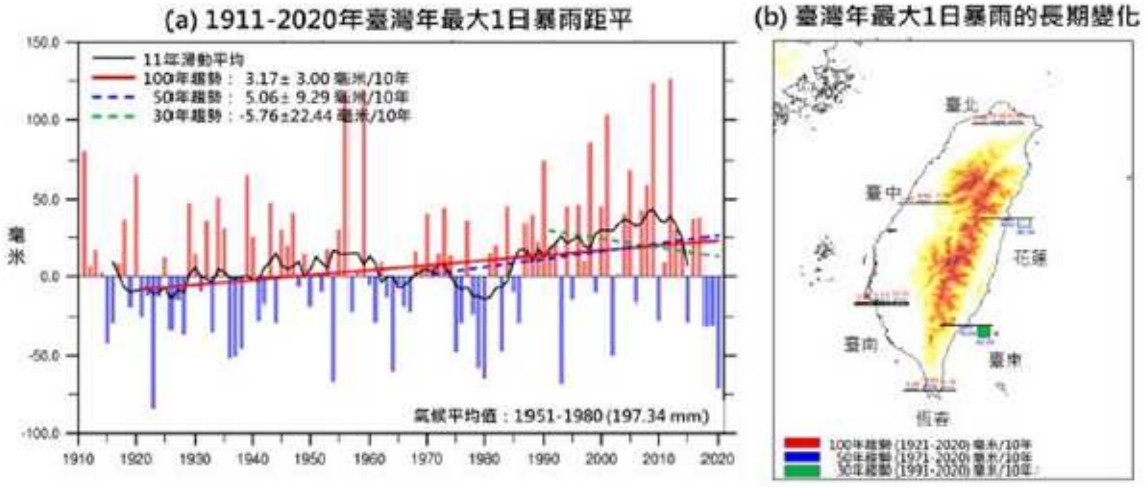

圖 5　同圖 3，但為年最大 1 日暴雨。單位：毫米

資料來源：科技部、中央研究院環境變遷研究中心、交通部中央氣象局、臺灣師範大學地球科學系、國家災害防救科技中心，「IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告」，110 年 8 月。筆者整理繪製。

根據設定的氣候變遷風險情境，進行花蓮溪水系的水文水理分析及通洪能力檢討評估，可以進一步瞭解氣候變遷下花蓮溪流域的災害風險。氣候變遷及極端降雨事件衍生的災害風險，包括天然災害發生的機率增加（危險度增加），以及致災損失的嚴重程度增加（脆弱度增加）。因此，思考氣候變遷下如何降低災害發生的機率以及如何減少因災害發生肇致的生命財產損失，提出具體可行的調適策略並展開行動，已刻不容緩。

參、 花蓮溪流域因應氣候變遷的調適思維與作為

花蓮溪流域位處颱風與地震頻繁區位，加以氣候變遷及近年極端降雨事件影響，在河川治理與管理上須掌握河川流域特性，輔以前瞻、創新、永續的颱洪防汛策略與智慧水災防災的思維與作為，減緩及調適氣候變遷之衝擊，扣合水岸縫合營造以符合社會期待的河川友善環境，並減免災害威脅及損失。如何進一步因應氣候變遷的衝擊，經濟部水利署第九河川局在花蓮溪流域的調適思維與作為，略述如下：

一、前瞻規劃，還地於河，預留氣候變遷因應空間

花蓮溪水系經過治理計畫檢討，已擬具河川治理基本方針，提出維護河川自然風貌、河川棲地環境景觀營造、工程減量及預留氣候變遷因

應空間等原則。對於河川瓶頸段、束縮段或匯流處予以放寬，儘可能考量河道蓄砂及容洪空間，以降低洪水位及因應氣候變遷衝擊。舉幾個案例說明如下：

(一) 花蓮溪主流於花東鐵路橋上下游土地利用情況適合處，設置滯洪囚砂河段，拓寬河道降低水流流速提供土砂沉降及滯洪空間，如圖 6。

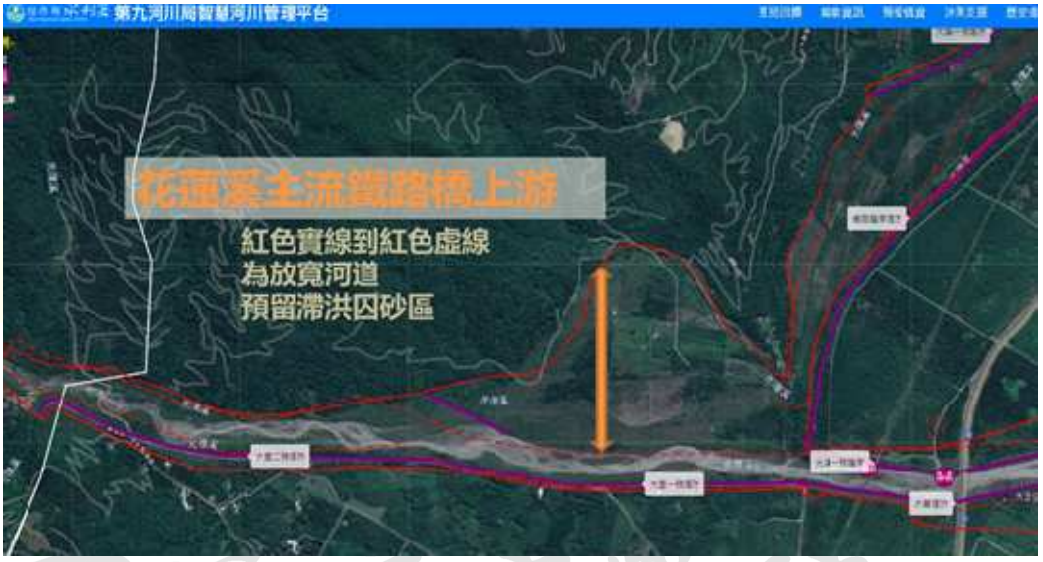

圖 6　用地範圍線放寬—花東鐵路橋上下游段
資料來源：筆者繪製。

(二)花蓮溪水系上游段河幅較窄，且土砂生產旺盛易淤積阻塞河道，在大富橋下游至大和溪匯流段，利用河道兩側台糖土地拓寬河道，作為滯洪囚砂河段，於轉彎段拓寬河道成河囊狀可減輕水流對凹岸之衝擊，降低流速落淤囚砂，增加水系河防安全，並減輕下游段光復鄉都市計畫區的洪水威脅，如圖 7。

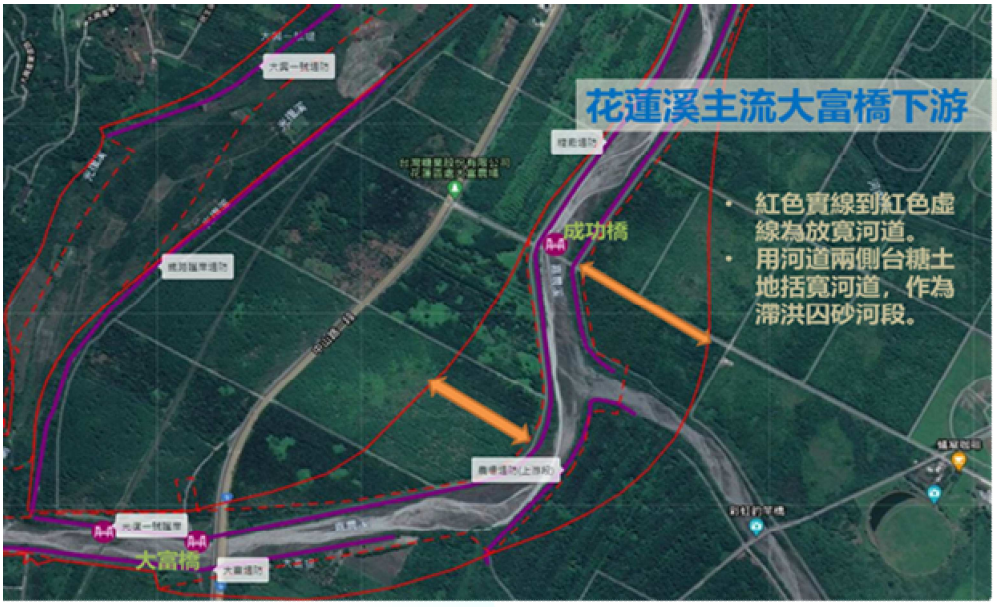

圖 7　用地範圍線放寬—花蓮溪主流大復橋下游
資料來源：筆者繪製。

(三)南清水溪民國 90 年桃芝颱風發生土石流嚴重災情，上游來砂易淤積中下游及出口河道，造成洪水溢淹。放寬南清水溪主流兩岸及支流匯入處之河道，增加囚砂及蓄洪空間，如圖 8。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE

圖 8　用地範圍線放寬—光復溪大興橋下游
資料來源：筆者繪製。

(四)萬里溪因鐵公路橋束縮形成隘口河寬較窄，為減少堤防沖刷破潛勢，於鐵公路橋處進行拓寬降低流速，如圖 9。

圖 9　用地範圍線放寬—萬里溪橋上游
資料來源：筆者繪製。

(五)茎溪出口段擴大劃設減少外水之影響，將堤防預定線一併納入檢討劃設，並配合計畫洪水到達區域進行管制，如圖 10。

圖 10　用地範圍線放寬—茎溪河口
資料來源：筆者繪製。

二、超前部署，以風險管理取代危機處理

風險管理做得好，危機處理自然少。風險管理不在於追求「零」風險，而在於追求可接受風險下最小化的損害或人員傷亡。透過有效控制不確定風險，再運用妥適的危機處理，使風險事件損失最小化。換言之，以風險管理降低風險事件發生的機率（危險度），同時減輕一旦風險事件發生時的損失（脆弱度）。

以往，河川管理機關偏重於水利建造物檢查及安全評估，多僅針對建造物本身是否受損，著重於預防因建造物損壞所造成的災害，較難以全面檢視系統性潛在的危險。現今，採取以風險管理取代危機處理的思維，針對河川流域進行系統性的全面健檢，建立相關風險因子，再藉由風險評估作業，利用風險矩陣將脆弱度及危險度進行風險分析並繪製成風險地圖，事先掌握流域內各區域存在的風險位置及風險程度，俾超前部署進行流域整體性的改善與調適，以因應氣候變遷的衝擊。「2015-2030 仙台減災綱領」所提四個優先推動項目之一即為明瞭災害風險，包括災害風險中的危險度及脆弱度，要有全面性的瞭解。透過花蓮溪水系的風險評估，從風險辨識、風險分析、風險評量到風險處理，釐清花蓮溪水系的高中低風險區位，據以排定風險處理的短中長期對策，並將有限的人力、預算及時間等資源用在刀口上，有效降低災害風險，整體工作架

構及流程如圖 11。

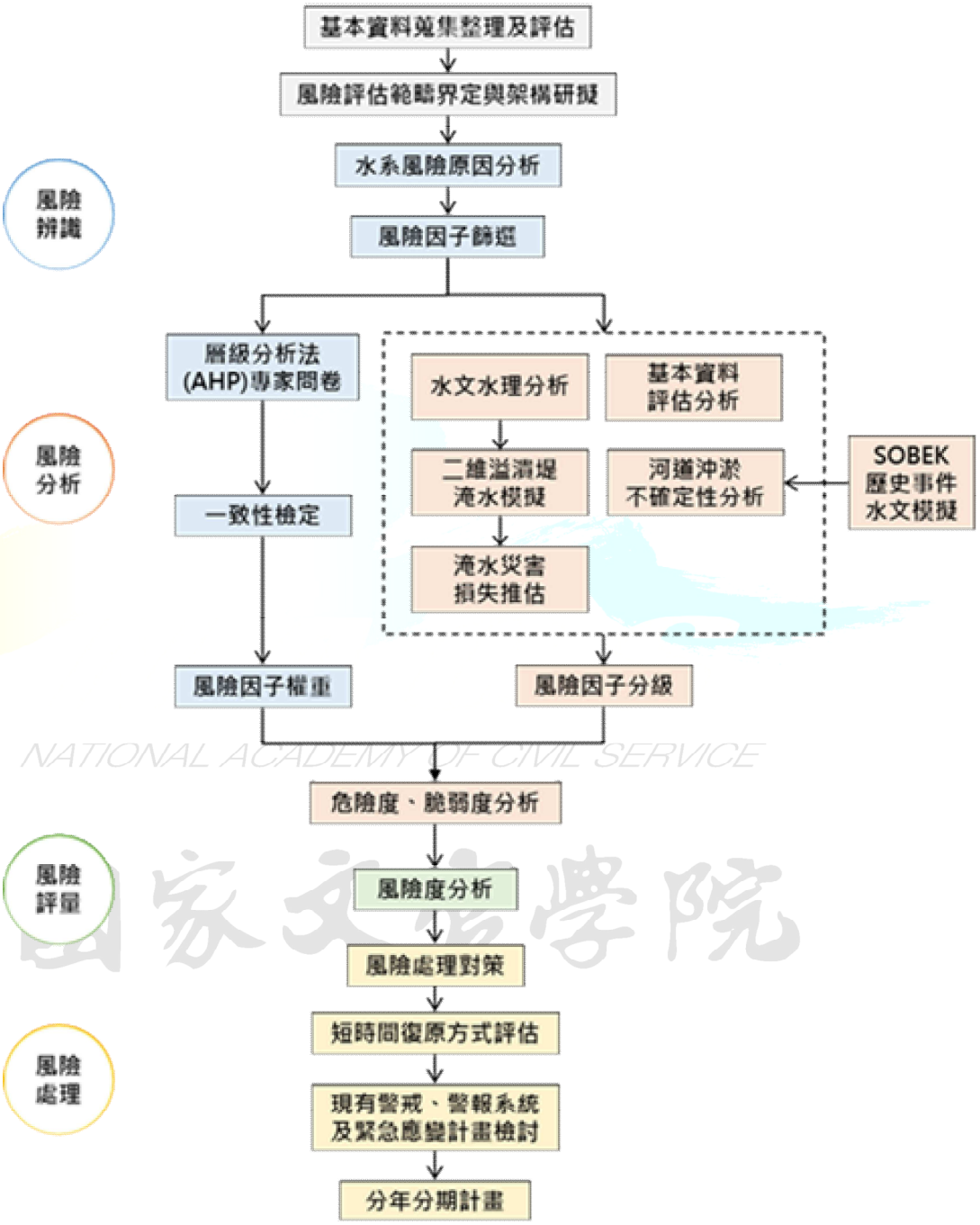

圖 11　風險評估整體工作架構及流程圖
資料來源：第九河川局。

花蓮溪水系風險評估著重於河道與防洪構造物的風險，風險的定義為危險度與脆弱度的乘積，危險度為河川外水溢淹、潰堤或防洪構造物損壞可能的發生機率；脆弱度則為前述溢淹、潰堤或防洪構造物損壞事件確實發生時所造成損失，如生命、財產或公共建物損失等。在風險辨識上，花蓮溪依據水系之地文、水文及社會經濟等條件並參採專家學者意見，擬定風險因子資料庫篩選適用危險度及脆弱度之因子及權重值。其次透過風險分析，以河川斷面為評估對象，計算各斷面的危險度及脆弱度分數。再將危險度及脆弱度以九宮格之風險矩陣圖方式評量花蓮溪水系河段的高中低風險。最後依風險評量結果，據以排定施政順序，並藉風險減低、風險迴避、風險轉移及風險承擔等各式的風險控管手段，提出短中長期之風險處理對策與措施，降低危險度因子，以及移除或強化脆弱度因子，促使風險降至最低如圖 12）。

3x3 風險矩陣		危險度		
		低	中	高
脆弱度	低	極低風險	低風險	中風險
		其餘河段	左岸 花蓮溪斷38 木瓜溪斷4(初英二號堤防) 觀林溪18A(富國左岸堤防) 萬里溪1(觀林二號堤防) 右岸 花蓮溪斷6 花蓮溪斷42(山興堤防) 木瓜溪斷7(志學堤防)	
	中	低風險	中風險	高風險
	高	中風險	高風險	極高風險

圖 12　花蓮溪水系洪災風險矩陣圖
資料來源：第九河川局。

研提風險處理對策與措施時，必須瞭解氣候變遷的高度不確定性，同時也要體認工程的侷限性，順應自然、不與天鬥，以確保設施功能及一定保護標準為原則。對於因氣候變遷衝擊而超出保護基準的洪水災害，則配合其他非工程措施因應。風險處理對策之工程措施一般為河道疏濬、河道整理或設置短丁壩掛淤固灘、加高加強加固工程、配合治理計畫線放寬之堤防改建及增設第二道防線等手段；非工程措施則包括以管理取代治理之土地使用管理，加強高淹水潛勢區域的土地使用管制、建構智慧防汛及防災體系、水利建造物定期維護及在地滯洪、逕流分擔與出流管制（如圖 13）等手段。

圖 13　逕流分擔與出流管制概念圖
資料來源：經濟部水利署。

三、系統思考，跨域合作

(一) 流域整體改善與調適

現有的河川或排水雖訂有防洪保護基準，惟隨著氣候變遷下的洪水量增加、暴潮、海岸侵蝕及土砂災害等威脅逐漸加大。面對氣候變遷及極端降雨事件的影響，現有設施的防洪保護能力降低，在主客觀因素的制約下，不可能無限制提升工程的防洪保護能力。另一方面，因氣候變遷有極其高度的不確定性，必須採取無悔的流域整體改善與調適策略，導入風險管理、韌性承洪、智慧防災、NBS 以自然為本的解方及連結水岸文化的構想等策略，來減緩及調適氣候變遷的衝擊（參考圖 14）。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE

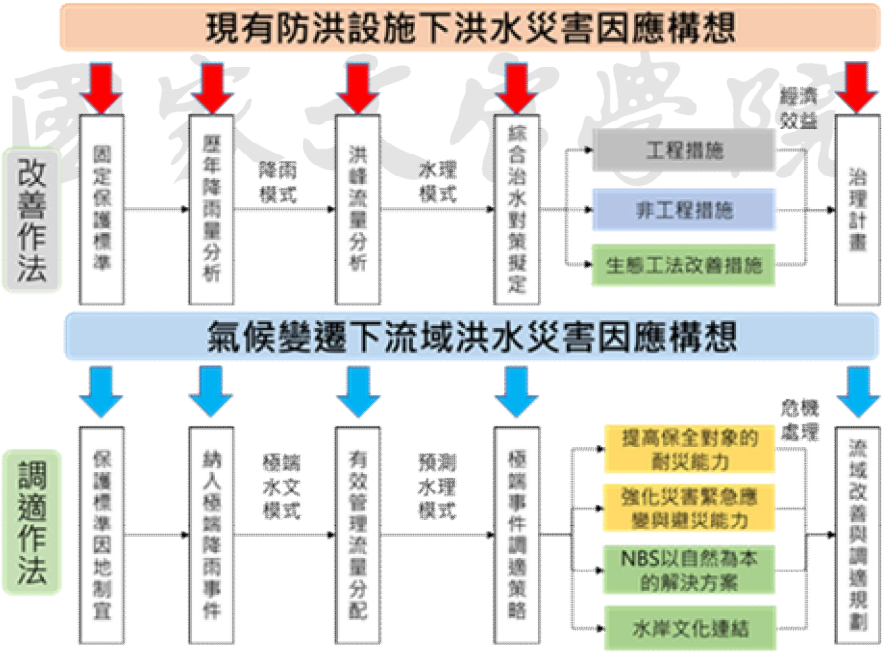

圖 14　現況及氣候變遷下洪水災害處理構想圖

資料來源：第九河川局。

花蓮溪流域整體改善與調適必須跳脫傳統以單一河川治理角度改採流域系統觀點思考，以打造韌性承洪、水漾環境為願景，由相關公部門引導，由下而上導入民眾實質參與規劃，跨域共學、凝聚共識、共同行動、成就共好的流域願景與目標。共分為水道風險、土地洪氾風險、藍綠網絡保育和水岸縫合等四大面向，針對現況與因應氣候變遷影響，盤點流域面臨之課題，建立流域大、小溝通平台及運作，凝聚願景與目標，並針對課題、商討對策、對齊資源、解決問題。流域針對四大面向初步盤點出 28 項課題，後續持續滾動檢討，如圖 15 所示。

圖 15　花蓮溪流域調適規劃四大主軸重要課題示意圖。
資料來源：第九河川局。

花蓮溪流域整體改善與調適在四大面向的願景及目標如下：

1. 水道風險面向，以安全河道為願景，達成外水不溢堤及設施科技化管理的目標。

2. 土地洪氾風險面向，以與水共存為願景，達成提高土地耐淹能力及結合智慧防災管理的目標。

3. 藍綠網絡保育面向，以山河共生，達成修補棲地劣化與破碎化及串聯藍帶綠網環境的目標。

4. 在水岸縫合方面，以流域創生為願景，達到恢復河川生命力及聯結在地文化為目標。後續則運用流域管理大、小平台操作，以互利共好的角度出發，共同面對沉疴問題，尋求流域整體改善與調適策略，再對齊資源共同行動解決問題，邁向共好的永續水環境。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

(二) 跨單位齊步走，建構公私協力的流域管理大、小平台

一條河川的上、中、下游分屬不同公部門主管，若再考量排水、土地利用、環境、景觀及社經與人文發展等，則涉及更多的公部門，每個公部門的施政目標及優先順序未必相同，甚至有可能相互扞格。在過去，治理河川的政策和方向都是由公部門決定

後，再辦說明會向利害關係人說明，在溝通的深度和廣度上略有不足，需有共同的願景目標及合適的溝通平台對話機制，才有機會針對問題、商討對策、對齊資源、共同行動解決問題，跨單位齊步走來成就共好。

第九河川局成功建構鱉溪流域管理大、小平台機制，以公私協力恢復鱉溪河川生命力及模式，以及為推動之馬佛溪河川廊道與國土綠網串連的藍綠網絡大、小平台運作模式，作為解決問題複雜、涉及多個部門與利害關係人的對話溝通平台。大平台會議邀請各相關公私部門、民間團體及利害關係人代表參與，主要是凝聚共識，決定流域的願景目標，儘量讓大家同步瞭解有那些問題、誰可以或願意幫忙，再把相似的問題組成不同的小平台會議有效率地討論解決。花蓮溪流域整體改善與調適要複製鱉溪流域管理平台及馬佛溪藍綠網絡平台的參與及對話溝通模式，建構花蓮溪流域管理大、小平台，凝聚共同的願景目標，盤點達成願景目標可能遭遇的課題，再以流域大尺度、系統性的思考與對話，擬定整體改善與調適策略及短中長期措施，並以公私協力、跨域合作共同行動，來成就共好的水環境。鱉溪及馬佛溪已成為水利署公私協力優良案例，簡要分享如下：

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

1. 鱉溪案例—公私協力，恢復鱉溪河川生命力

鱉溪位於花蓮縣富里鄉，是秀姑巒溪最南端的支流，主流長 16.91 公里，流域面積約 47.96 平方公里。早期，鱉溪河床的大石塊被利用於興建兩岸堤防、護岸及田埂等工程，造成河床嚴重下切。另外，為了兩岸農田灌溉及穩定河床保護構造物，陸續興建橫向的取水堰或固床工達 23 座之多，河川環境及生態棲地逐漸劣化，阻斷日本禿頭鯊及臺東間爬岩鰍等洄游魚類（阿美族稱之為哈拉）的回家之路，鱉群及當地重要原生魚種如菊池氏細鯽也逐漸消失。

第九河川局藉建構鱉溪流域管理大、小平台機制，邀請流域內社區民眾、NPO、跨領域專家學者及公部門機關等參與，大平台凝聚出以恢復鱉溪河川生命力為共同的願景目標，盤點達成目標可能遭遇的課題，以流域大尺度、系統性的思考與對話，再將蒐集、盤點及發現的課題予以分類，並成立河川工程、水質水量、生態復育及流域創生等四個小平台，針對問題、商討對策、對齊資源、共同行動來解決問題。這是一個充滿正向能量的平台，會議運作以談合作取代討論分工，多分享那個部門或個人做了什麼，而避免刻意列管工

NATIONAL ACADEMY FOR CIVIL SERVICE
國家文官學院

作。大平台會議由主持小平台的公部門首長共同召集，小平台會議另外增邀一位民間團體代表共同召集。鱉溪的河川復育在流域管理大、小平台的運作下，已擬定還地於河、還石於河、還水於河、還魚於河四大策略及其短中長期措施，將以公私協力、跨域合作共同行動來達成願景目標。鱉溪流域管理平台的運作已為成中央管河川流域整體改善與調適的標竿案例，也獲得社會及輿論的正面肯定（如圖 16）。

圖 16　鱉溪流域管理大小平台分工示意圖
資料來源：第九河川局。

2. 馬佛溪案例：河好如初，推動馬佛溪河川生態廊道與國土綠網串聯

另一馬佛溪案例，位於花蓮縣中區的光復鄉，是以馬佛

溪及花蓮溪主流上游，其主要是以中央山脈與海岸山脈間的河川生態廊道與國土綠網之藍綠串聯為目標，建立範圍內的人網基礎，並藉此集結公部門、民間團體、在地組織等相關團體相互瞭解合作，促進公私協力的發展，分析生態廊道串聯、外來種移除、河道整治及濱溪植被帶等關鍵課題，並提供短中長期對策，希冀回復河流及人的自然連結，達成「河好如初」的願景，及河川生態廊道與國土綠網串聯的目標（如圖 17）。

圖 17　大農大富核心區及中央與海岸山脈生態阻隔示意圖
資料來源：第九河川局。

林務局花蓮林區管理處為推動國土綠網已建構花蓮綠網大平台，馬佛溪和花蓮溪上游位處花蓮綠網大農大富核心區域內，為解決河川區域內（藍帶）的廊道阻隔，促使河川生

態廊道與國土綠網串聯，第九河川局建構「馬佛溪藍網平台」，邀請相關公私部門、在地社區、民間團體等參與對話及溝通交流，並依河好如初的願景目標，擬定短中長期措施，並已跨機關對齊資源協力推動幾個短期措施（如圖 18）。

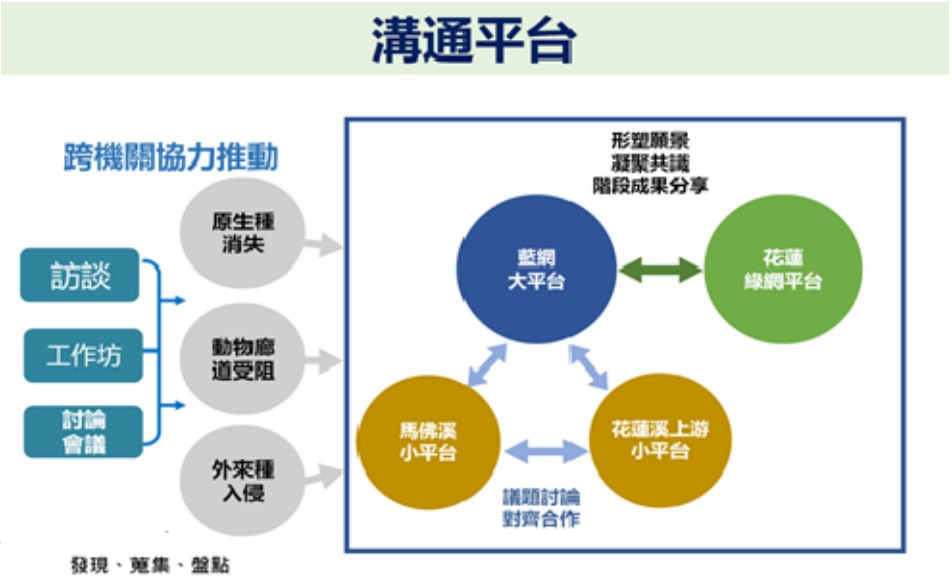

圖 18　馬佛溪平台分工示意圖
資料來源：第九河川局。

(三) 無悔、低碳的工程調適

在因地制宜確保一定程度的防洪保護基準，仍有必要的工程調適措施，在兼顧防洪安全下，儘可能優先考量採取 NBS 以自然為本的解方、近自然的工法，甚至併同檢討功能喪失且不合時宜的舊有工程設施，以減法工程的思維拆除等手段，達成調適的目標。

水利工程低碳化執行可藉由規劃、設計、施工到維管全生命週期全方位思考，儘可能做到減少碳排及增加碳匯，為邁向淨零碳排的目標共同努力。在規劃設計階段的思維包括：1.兼顧河防安全及建造物壽命；2.就地取材，減少運距（併辦河道整理兼供工程所需之土石材料）；3.選用低碳排係數工項及材料（例如以石工取代混凝土）；4.選用在地原生高固碳喬木；5.選用易維管材料；6.既有資源重複利用；7.使用 PCCES 計算工程總排碳量並列入預算書審核機制；8.增加碳匯如植樹減碳、營造濕地及導入綠能如微水力發電等。在施工階段則可考量：1.減碳施工（機具、動線、效率、環保）；2.傳承自辦監造能力，確實管控材料及施工品質（避免二次施工）。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

近年，第九河川局有幾個無悔、低碳的工程調適案例，獲得社會相當正面的肯定，簡要分享如下：

1. 水流逼近或直衝河段實施預防性保護

以花蓮溪壽豐堤段為例，經風險評估屬水流逼近或直衝河段，為保護堤防安全，以固堤先顧灘的思維，利用河道整理營造高灘地作為防護堤防的第一道防線，有效防止主流直衝堤防，並與林務局花蓮林區管理處跨域合作，於堤前高灘

上植樹固碳、保護基礎、抑制揚塵兼營造多樣生態棲息環境等功能。施作前後比較如圖 19。

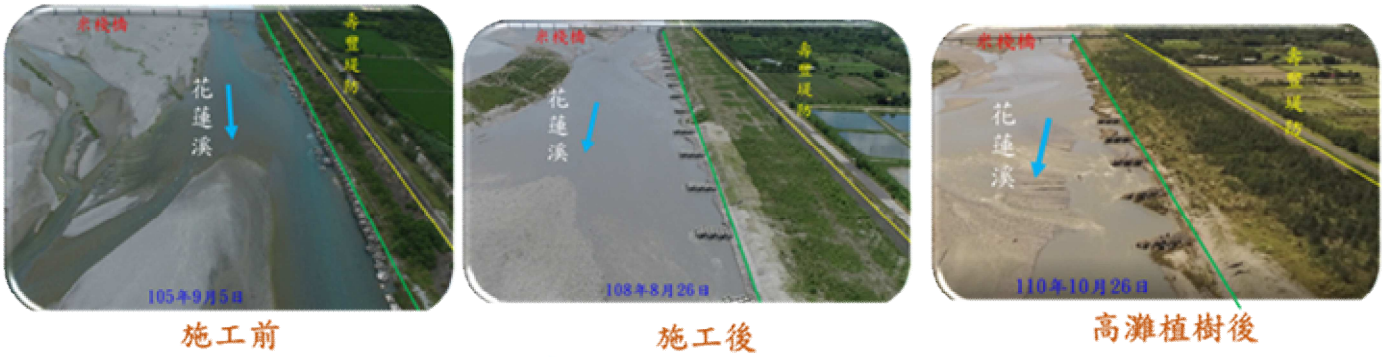

圖 19　壽豐堤段施工前後比較
資料來源：筆者繪製。

2. 花蓮南濱海岸改善（榮獲第八屆臺灣景觀大獎）

南濱海岸過去曾有 200 公尺的自然灘線，後來受風浪侵蝕與人為開發影響，海灘大幅退縮。過去的防護措施以混凝土剛性海堤及堆疊消波塊來與風浪抗衡，民眾很難親近海岸，也不利海岸環境生態。這幾年第九河川局轉變傳統方式，採「離岸潛堤」、「塊石海堤堤身」、「綠帶防風林」等三道防線，在安全穩定前提下，以就地取材、節能減碳、近自然工法，改善並完成生態廊道串聯、棲地營造、綠美化，景觀節點營造。108 年 7 月海岸環境改善工程完工後，景觀環境令人驚艷，人氣指數直飆而成為新興熱門景點，也成為各機關

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

團體辦理大型活動場地首選，跨域加值及觀光效益大為提升。施作前後比較如圖 20。

圖 20　南濱海堤設計概念圖及施工前後比較
資料來源：第九河川局。

3. 木瓜溪初英一號及華隆護岸堤段河川環境改善工程(榮獲第 21 屆行政院公共工程金質獎)

本工程採生態綠堤理念設計，以柔性工法減少水泥使用，土方及塊石就地取材、節能減碳，創新導入易維管的優良地被植物於堤坡面，完整串連防汛道路與地方動線結合，並與林務局跨域合作，移除外來種、復育原生種；另與台大、

台電、環保聯盟花蓮分會跨域合作，利用工區圳路尾水設置微水力發電研發及測試場域，也成為全國微水力比賽的場地。生態綠堤及微水力場域如圖 21。

圖 21-1　生態綠堤—華隆護岸前坡施作
資料來源：第九河川局。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE

圖 21-2　生態綠堤—華隆護岸施作完成
資料來源：第九河川局。

圖 21-3　初英一號堤防微水力場域
資料來源：第九河川局。

4. 鱉溪還石於河工程（榮獲與署長有約還石於河特別獎）

鱉溪（吉拉米代跳舞場河段）因固床工下游處長年遭溪水沖刷，造成右岸戧台基礎掏空，復因 108 年 8 月白鹿颱風導致鱉溪豐南堤段護岸工程部份損毀，進而影響河防安全。透過鱉溪流域管理平台的討論，鱉溪豐南堤段的護岸改善以削灘及疏濬秀姑巒溪上游淤積河段的塊石來保護河岸、重建護甲層，並以近自然的石樑工法取代混凝土固床工，來改善鱉溪河床嚴重下刷問題，長期將逐步移除不必要的固床工，改善洄游魚類生態廊道，達到以近自然「還石於河」工法改善河川環境及生態棲地的目的。施工前中後對照，如圖 22。

圖 22　鱉溪豐南堤段護岸改善工程前後對照圖
資料來源：第九河川局。

四、韌性承洪，建構從監控、預警、通報到應變的智慧防災體系

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE

氣候變遷下水文極端化所造成之災害，採取「工程與非工程措施併進」思維，工程調適重點在於確保及強化既有設施功能，使現有堤防回復原有之保護標準，降低淹水潛勢。氣候變遷極端降雨所引致超過堤防保護標準之洪水量，則由整體流域之宏觀角度與災害共存，以流域綜合治水思維，評估推動出流管制、逕流分擔及在地滯洪之可行性，共同分擔洪水，並搭配非工程措施，與水共存，以國土規劃思維，限制敏感脆弱地區開發，提升承洪韌性，降低民眾生命財產所受之影響。在智慧防災策略思維則從以往被動救災化為當前的主動防災，建構從監控、預警、通報到應變的智慧防災系統，加強全民自主防災及企業防災，邁向「零

傷亡、少災損」目標。

(一) 化繁為簡，善用科技發展簡單好用的智慧河川管理系統

颱風豪雨氣象及水文降雨所引發的水災災害機制複雜，但隨著科技發展日新月異，有必要思考如何將河川治理、管理及防災應變的經驗，化繁為簡，發展成為簡單好用的智慧管理系統，輔助防救災決策。第九河川局推動科技防災及智慧水管理，以流域整體治理新思維，建置智慧化河川管理系統，結合現有雲端運算、物聯網（Internet of Things, IoT）應用之相關技術，經由開放資料及感測器收集大數據，進一步加值應用水資源物聯網監測資料，從前端資料自動監控（CCTV、淹水感測器、水位站、雨量站等），再透過中端資料傳輸及整合、後端資料分析乃至管理決策判斷等分項逐步建置，讓監控、預警、通報及應用的防災體系全面智慧化，並提供決策幕僚及第一線防汛人員運用，此系統也榮獲 2020 雲端物聯網創新的首獎，如圖 23。第九河川局智慧河川管理系統的架構如圖 24。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

圖 23　2020 年雲端物聯網創新獎

資料來源：第九河川局。

圖 24　第九河川局智慧河川管理系統架構

資料來源：第九河川局。

(二)　化被動救災為主動防災，推動水災智慧防災

防災首重預警，災害早預警、早知道、早準備，才能掌握主動、從容應變。過去的災害防救，往往在接獲災害發生才開始應

變，決策時間過知、應變不及，造成嚴重的災害損失。

水災的發生機制複雜，但在防災思維上可以簡化為：1.因降雨量過大，農田及市區排水不及，導致生活居住區域、道路或農田等的內水積淹。2.因為河川水位上漲，越過堤防的外水溢淹或因堤防潰損破堤導致的淹水災害。內水積淹主要是雨量過大，水利署已透過過去各鄉鎮市區歷史致災事件的雨量分析，分二級訂定淹水警戒值。而外水溢淹部分，則運用河川水位模擬及考量應變所需的時間，分三級訂定河川水位警戒值，詳圖 25 及 26。

警戒鄉鎮	參考雨量站	1小時雨量(毫米)		3小時雨量(毫米)		6小時雨量(毫米)		12小時雨量(毫米)		24小時雨量(毫米)		參考水位站(m)
		二級警戒	一級警戒	二級警戒	一級警戒	二級警戒	一級警戒	二級警戒	一級警戒	二級警戒	一級警戒	拉灣
金峰鄉	金峰	50	60	100	120	160	180	220	250	310	350	一級70.7 二級69.5

圖 25　淹水警戒圖

資料來源：經濟部水利署。

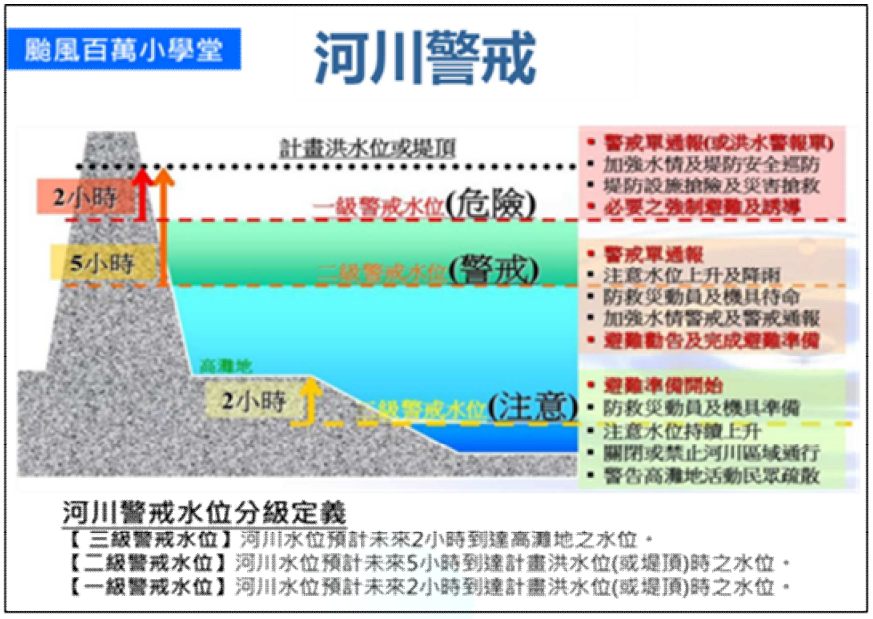

圖 26　河川警戒圖

資料來源：經濟部水利署。

水災智慧防災就是化被動救災為主動防災，掌握防災的節奏感，建構從監控、預警、通報到應變的智慧防災系統（詳圖 27），簡要說明如下：

1. 監控

監控的目的在於災前預警及輔助防救災決策。可從瞭解是否有颱風、豪大雨或鋒面系統的氣象資訊，到運用建置於各地之雨量站、水位站、CCTV 監視影像及淹水感測器等系統，監控各地降雨量、河川水位及積淹水等即時水情及災情狀況。

WWW.NCAREMPLOYEE.NET
國家文官學院

2. 預警

水災防災預警的重點有二，主要為先知先覺和即時知覺之目標，比較擔心的是不知不覺，等到災害發生後才被動救災，慌亂缺乏效率，也容易增加災情的嚴重程度。

要先知先覺，可運用事先模擬的水災淹水潛勢圖，搭配氣象局的降雨預報及洪水預警演算，提前掌握可能致災區域，加強減災及整備作為，讓有限的防救災人員及資源超前部署，隨時防救。

即時知覺，主要是各防災單位依監控資訊評估有致災之虞所發布的防災預警訊息，包括交通部氣象局發布的颱風警報、豪大雨特報及大雷雨提醒、經濟部水利署發布的淹水警戒、河川水位警戒及水庫放水警戒等、行政院農委會水保局的土石流紅、黃警戒等，可即時示警提供防救災人員及社會大眾執行防災應變作為。

3. 通報

開發或運用多元化的防災避災工具，即時傳遞防災預警及水災情資訊。目前中央各防災部門已將氣象的警、特報及

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

各種防災警戒的訊息轉成 Opendata 格式及自動化上傳平台，並可運用細胞廣播、APP（如行動水情）、LINE 機器人（如水利署 AI robot Diana、LINE Notify 等）、自動化市話語音通知、簡訊及防災資訊服務網等多元管道對外提供，一般民眾只要善用自己熟悉的管道即可輕鬆接收預警訊息。

4. 應變

各級政府防救災人員或一般民眾在接收到預警訊息後，即應各依權責或標準作為程序立即展開防救災應變作為，以水災疏散撤離為例，各直轄市及縣市政府在每年汛期前均須完成水災危險潛勢地區保全計畫，並確認水災危險潛地區之保全對象及避難收容處所等離災行動計畫，各級政府（涵蓋中央政府、縣市政府、鄉鎮市區公所及村里）須依行政院訂頒之疏散撤離分工，以及經濟部訂頒之水災危險潛勢地區疏散撤離作業程序（分準備、勸告及強制撤離三階段），確實完成疏散撤離作業。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院

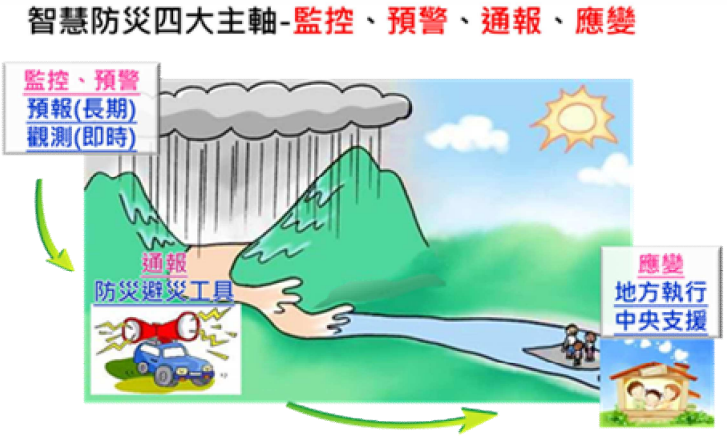

圖 27　防災監控、預警、通報、應變系統圖
資料來源：第九河川局。

(三) 提升承洪韌性，促進全民自主防災

氣候變遷下異常天氣逐漸常態化，颱洪防汛策略也由過去不淹水轉變為不怕水淹，提升承洪韌性來與水共生，民眾及企業也必須因應氣候變遷的衝擊，在災前做足準備、災中妥適應變、災後快速恢復正常生活，強化自主防災能力來降低脆弱度。

依據日本阪神地震居民受困的救助情形統計，自助、互助和公助的比例約為 7：2：1。顯示在重大天然災害下，政府救災能力有限，民眾必須從自助及互助中找到生存的方式，推動全民自主防災有必要性。以水患自主防災為例，經濟部水利署自 99 年起聯合地方政府在易淹水地區建置水患自主防災社區，從社區的擇定、診斷、自主防災編組（依自助防災人力及需求編組為警戒班、

疏散班、引導班及收容班等）、繪製防災地圖及疏散撤離計畫、實施教育訓練及演練，再依臨災時的實際運作不斷檢討精進，培力社區具備自主監控、自主警戒、自主疏散的能力。目前全台已成立 502 個水患自主防災社區，並且號召企業發揮社會責任共同協助自主防災社區維運，已逐步將防災的觀念及能力再深耕至最基層的村里之中，成為有效提升全民防災的關鍵作為。

肆、 結語

氣候變遷對臺灣地區的衝擊，已無可避免，花蓮輻員遼闊且位處颱風經常直撲及環太平洋地震帶上，受天然災害的威脅與挑戰更為嚴峻。經濟部水利署第九河川局負責花蓮溪及秀姑巒溪之治理與管理，必須積極減緩及調適氣候變遷的衝擊。在調適的思維上，必須瞭解氣候變遷的不確定性並體認工程的侷限性，順應自然不與天鬥，採取工程與非工程併進的無悔策略與措施。首先，以前瞻的河川治理規劃，還地於河，預留氣候變遷因應空間。其次，以風險管理取代危機處理，超前部署減災整備的各項工作，依風險評估釐訂施政的優先順序。再者，以系統思考，公私協力及跨域合作推動流域整體改善與調適工作。最後，在颱洪防汛策略目標從不淹水轉變為不怕水淹，全面提升承洪韌性，建構從監控、預警、通報到應變的智慧防災系統及落實全民自主防災，全面降低氣候變遷下水災災害的風險，共同面對氣候變遷的衝擊與挑戰。

參考文獻

經濟部水利署，105 年 12 月，花蓮溪水系治理計畫（第一次修正）。

經濟部水利署第九河川局，109 年 12 月，花蓮溪水系風險評估報告。

經濟部水利署第九河川局，107 年 12 月，花蓮溪河川環境管理規劃。

經濟部水利署第九河川局，109 年 12 月，花蓮溪水系（10 條支流）河川環境管理規劃。

經濟部水利署第九河川局，110 年 12 月，洪水預警及防汛整合。

經濟部水利署第九河川局，110 年 12 月，智慧河川管理平台基本功能維運。

經濟部水利署第九河川局，110 年 12 月，馬佛溪河川生態廊道與國土綠網串聯規劃（2/2）。

經濟部水利署第九河川局，110 年 12 月，花蓮溪流域整體改善調適（含逕流分擔任與在地滯洪評估）規劃（1/3）。

IPCC 氣候變遷第六次評估報告之科學重點摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告。

經濟部水利署第九河川局，108 年 12 月，鱉溪生活圈。

經濟部水利署第九河川局，109 年 12 月，鱉溪　一起找溪望。

NATIONAL ACADEMY OF CIVIL SERVICE
國家文官學院