



水利工程也可以很數位 - 總統盃黑客松「多采多資水蓋鮮」

多采科技有限公司董事長 / 李文生

多采科技有限公司水利技師 / 李戎威

國立臺灣大學水工試驗所主任 / 游景雲

國立臺灣大學水科技與低碳永續創新研發中心執行長 / 侯嘉洪

關鍵字：河川水質、溶氧量、生化需氧量、即時計算

摘要

河川水質顯著影響生態環境和生活品質，即時掌握河川水質，可協助政府機關快速處理問題，避免延誤處理引起重大生態浩劫和財產損失。對於人民，水質資訊可提昇河畔居住品質，並提供河岸或水域內戶外活動之參考。

目前國內河川水質僅依靠監測站提供資訊，且測量頻率較低，難以提供完整時間、空間的水質資訊。本研究採用水質數學物理模式，選定溶氧量（DO）和含碳物生化需氧量（CBOD）為求解變數，即時計算河川水質變化狀況，並進行污染來源和去向分析。

擇定淡水河流域淡水河本流、大漢溪、新店溪、以及基隆河段為示範場區，結合經濟部水利署（以下簡稱水利署）即時河川流況及現有監測站資訊，建立即時查詢網站供民眾使用。

一、前言

國內可用水，無論是家庭民生用水，或是工、商業區域用水，多只使用一次便成為排放污水；部份污水透過下水道或區域排水系統進入污水處理廠處理，但有更多是隨著排水路直接排入河川，影響河川水質。

排入河川的污水水質與水量對於水資源

應用、水域環境等具顯著影響。目前河川水質多靠定點定期人工採樣進行監測，但人工取樣只能測得採樣處當時的水質，難以呈現河川水質的真正樣貌；即便測到嚴重污染，也因時效問題難以循線找到污染源。

近年自動監測水質的技術趨於成熟，透過物聯網（Internet of Things, IoT）等技術回傳即時訊息，可提供足夠的資訊協助掌握污染源。監測設備體積縮小，雖成本便宜，數量變多，提供較多資訊，同時也伴隨龐大的維護成本，耗材汰換亦易造成環境二次污染。

因應國家發展需求，展現政府對開放資料與資料運用創新之重視，行政院自2018年開始每年辦理「總統盃黑客松」競賽，藉由跨機關、跨領域及公私協力共組黑客團隊之競賽方式，鼓勵資料擁有者、資料科學家及領域專家多方交流，加速公共服務優化並鼓勵主動創新。2022年以『安居永續·均衡臺灣』為競賽主題，以聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）[1]為願景，從「安居樂業」（SDGs社會面）、「永續發展」（SDGs經濟面）及「均衡臺灣」（SDGs環境面）三大面向號召全民許願，黑客解題。本研究即是回應公民許願之水質環境相關議題，於2022年總統盃黑客松組隊參與競賽，期能透過公私協力，在廣設監測儀器外，探討運用最新數位科技，提昇國內河川水質監測技術。研究目標是應用數學物理運算技術，計算整條河川的水質變化，提

供政府機關改善、社區開發，以及民眾休閒活動等相關參考。期望透過總統盃的高度，促成水利和環保專業適度整合，齊力共創經濟、社會及環境兼具的宜居臺灣。

二、研究背景和架構

（一）臺灣河川水質資訊現況

國內河川水質目前僅能依靠監測站提供資訊，根據行政院環保署（以下簡稱環保署）河川水質測點基本資料，全臺灣啟用中的人工水質測站共有304座。以臺灣首善區大臺北淡水河流域為例，在長度超過150公里的河段內，僅有38座人工水質測站，每月進行一次水質採樣。圖1為111年環保署淡水河流域水質測站分布和水質污染狀況[2]，可看出111年度淡水河流域於中下游為輕度至中度污染。臺北市政府環境檢驗中心率先全臺各直轄市建置5座河川水質自動連續監測站，如圖2，並將數據展示於臺北市環境品質資訊網[3]，如圖3，可看出即時監測項目包含溶氧等項，除自動站外，每月對16定點進行水質採樣檢測。

河川污染通常是接獲民眾舉報後，政府機關才追查污染原因，然而定點定期進行人工採樣，僅能測得採樣處當時水質，難以即時掌握污染源，無法得知河川水質完整樣貌。此外，為維持設備正常運作，確保測量資訊準確性，水質監測設備需定期保養維護



圖 1 111 年環保署淡水河流域水質測站分布和水質污染狀況



圖 2 臺北市水質監測站分布



圖 3 臺北市環境品質資訊網水質即時監測 https://www.tdep.gov.taipei/Public/EnvMonitoring/River_Normal_Station.aspx

及校正，帶來大量維護成本；設備設置於河川內，容易受洪水衝擊毀損，耗材汰換同時造成環境二次污染。

由以上可知，即使是首善之區臺北市，在時間和空間層面能提供的水質資訊也相當稀少。除透過有限的監測數據外，採用水質數學物理模式，可計算河川水質變化狀況，並進行污染來源和去向分析。水質數學物理模式在國際上發展成熟，若能建置模式並以

監測數據檢定，即可掌握河川各區水質，提供時空分布上遠優於現況的水質資訊。

（二）研究區域

本研究的目標區域為淡水河流域。水質模式即時化計算，需掌握物質傳輸背景場，即河川流況。淡水河流域自民國85年由水利署第十河川局（以下稱十河局）委託國立臺灣大學水工試驗所建置國人第一代洪水預



報系統，為臺灣最早開始發展洪水預報系統的流域；經過20年持續精進，已可即時計算河川流況，每小時提供包含水位和流量等資訊，對於本研究所需建構的即時水質計算可提供良好的模式背景場。[4, 10~41]

除此之外，以淡水河流域為研究區域具有以下優勢：（1）觀測資料豐富：目前設置超過40座即時自動觀測水位站，5座即時監測水質測站，可提供豐富觀測資料協助數值模式檢定與驗證；（2）人口多：流域範圍包含臺北市、新北市、基隆市將近700萬人口，影響層面廣；（3）河川高灘地高度利用：由於人口密度高，市區用地取得不易，河川

高灘地成為非洪水時期高度利用的公共運輸和休閒空間；淡水河流域的高灘地有堤外道路、河濱公園、停車場、自行車道，步道、各式球場、寵物公園等，民眾使用率為全國最高，受河川水質影響也最直接；（4）河川活動多樣頻繁：淡水河主流受河口潮位和上游流量影響，全年均維持穩定水位；加上高灘地設施完善，使河川活動多樣而頻繁，如船運、龍舟競賽、風帆等，水質的掌握和活動品質關聯性高；（5）沿岸區域排水，抽水站數量多：區排和抽水站均會將水排入河川，影響河川水量和水質，建置模式可協助評估未來區排系統的開發應用。圖4為淡水河流域河川利用狀況。



圖 4 淡水河流域河川高度利用狀況



(三) 研究架構

環保署水質監測站目前提供的水質參數如表1所列，由表1可知水質參數多達19項，本研究選擇DO溶氧和CBOD生化需氧量建置模擬模式。整體模式架構如圖5，第一部分以河川模式為基礎，採用交通部中央氣象局（以下簡稱氣象局）的降雨資料，透過降雨逕流模式演算，並搭配水庫放流量及河口潮位，進行河川變量流水理演算，以獲得河川流況資訊，河川流況資訊包含每個演算河川斷面的水位和流量。第二部分結合政府資料開放平臺、環保署、水利署、氣象局及地方政府的相關數據資料，建置淡水河流域的即

時演算水質模式，進行模擬演算並產出水質參數結果。第三部分將水質參數進行數據分析及圖表分析，匯入水質模式資料庫，並建置前端展示網頁，最後透過河道斷面資料、地形資料等基礎資料，同時套疊國土測繪圖資服務雲的地圖資訊，繪製水質地圖，將演算結果呈現於網頁，提供民眾查詢使用。

三、研究方法

(一) 即時河川流況

即時河川流況包含水位和流量，可透過河川變量流水理模式推求。臺灣河川的水流

表 1 環保署水質監測站水質參數

1	DC 電壓
2	DEPTH 量測深度
3	DO 溶氧
4	EC 導電度
5	NH3-N 氨氮
6	pH 酸鹼度
7	SS 懸浮固體
8	WTEMP 水溫
9	BOD5 生化需氧量
10	SS 懸浮固體
11	溶氧飽和度
12	化學需氧量
13	大腸桿菌群
14	氯鹽
15	總磷
16	總有機碳
17	硝酸鹽氮
18	亞硝酸鹽氮
19	各類金屬

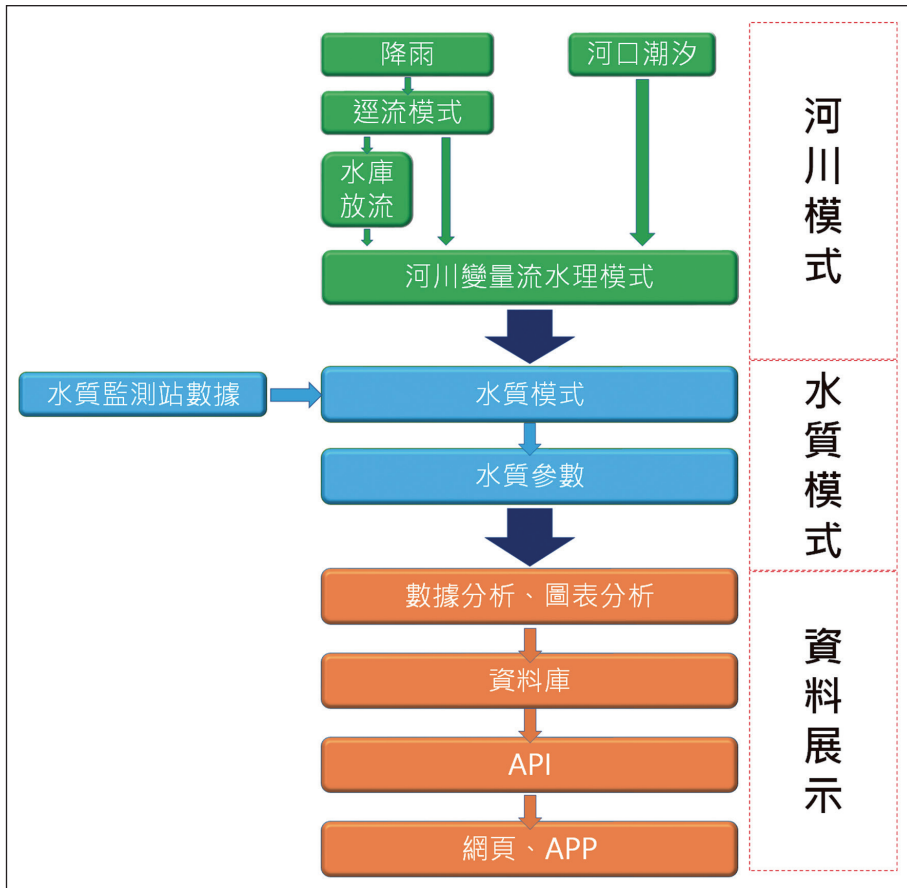


圖 5 本研究模式架構

來源主要為降雨，要計算河川的流況，必須掌握降雨、集水區逕流、河口潮汐、水庫放流等條件，如圖5上半部。流域降雨資料經由逕流模式轉換為集水區逕流，逕流除直接排入河川外，亦可流入水庫，再由水庫放流入河。河川流況除受到上游和流路中匯入的逕流影響外，也會受到河口潮汐變化的影響。

河川變量流水理模式是求解de Saint Venant方程式[8]，包含連續方程式及動量方

程式，公式如下：

連續方程式：

$$b_s \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_i - q_o \quad (1)$$

動量方程式：

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{K^2} = q_i V_i - q_o V_o \quad (2)$$

其中， Q 為流量 (L^3/T)， h 為水位 (L)，

b_s 為面積水位變率 (storage width, L), A 為通水斷面積 (L^2), β 為動量係數, g 為重力加速度 (L^2/T), K 為輸水容量 (conveyance, L^3/T), q_1 為單位堤岸長度側向流入流量 (L^2/T), V_1 為側入流在主流河道方向的速度分量 (L/T), q_o 為單位堤岸長度的溢岸流量 (L^2/T), V_o 為溢岸流在主流河道方向的速度分量 (L/T)。

口潮位及集水區逕流匯入之河川側入流量, 十河局之河川水力模式以交錯式網格點配置, 並以有限差分法求解非線性偏微分方程式, 輸出每個演算節點的水位、流量、流速等結果。演算節點是以河川大斷面為基礎, 平均約500公尺有一處施測斷面, 河川大斷面分布和橫斷面圖如圖6所示。本研究於河川流況的掌握上, 是採用十河局提供之逐時計算資料, 其演算河段如圖7 [4]。

邊界條件包含上游水庫放流量、下游河



圖 6 圖左河道上的連線為淡水河大斷面分布示意圖。圖右為臺北橋河川橫斷面圖, 橫軸為左岸到右岸距離, 縱軸為高程, 藍線為河川斷面, 淺綠色塊代表河川水位在斷面的位置



圖 7 十河局轄區河川變量流水理模式演算河段



(二) 水質模式

河川水質傳輸動力主要來自河川水流條件，而河川水流條件包括水深、流量、坡度、河床材質及河寬等因素影響，在常用的水質模式如QUA2E，採用定量流量為動力條件，然而，在淡水河下游河段，受到海水潮汐影響，其流量隨時間而改變，並非定量。為充分模擬淡水河下游河段的水質，受潮汐影響而隨時間變化情形，本文利用水利署所提供之基礎資料，建立河川水理模式後，進行演算，獲得各河川斷面之動態河川水位、流量及流速等資訊，做為水質模式所需的動力條件來源。

1. 控制方程式[9]

水質模式透過物質傳輸控制方程式，以數值方法模擬水質參數。一般物質傳輸控制方程式，考慮延散、傳輸、衰減效應，公式如下：

$$\frac{\partial s}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial s}{\partial x} \right) - \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (Qs) - Ks + w \quad (3)$$

其中， s 為物質濃度 (M/L^3)， A 為河川通水面積 (L^2)， E 為延散係數 (L^2/T)， Q 為河川流量 (L^3/T)， K 為衰減係數 ($1/T$)， w 為物質來源 (M/T)。

本研究擇定水質重要指標之二CBOD (含碳物的生化需氧量)及DO (溶氧)進行試作，CBOD係水中易受微生物分解的有機

物質，在特定時間及溫度下，被微生物分解氧或作用消耗的氧量，可用以表示水中生物可分解的有機物含量，即水體受有機物污染的程度；DO係水中含氧量，當水中有機污染物質或低價離子之含純量越多，微生物作用越強烈，消耗大量溶氧將使DO值變低，可作為廢水污染程度的重要指標。

水質傳輸控制方程式包含CBOD模式及DO模式，考慮流量傳輸、延散、曝氣、CBOD耗氧量、光合作用、呼吸作用及外加來源等作用，公式如下：

CBOD 方程式

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC) - KC + w_c \quad (4)$$

其中， C 為CBOD濃度 (M/L^3)， w_c 為物質來源 (L^2)。

DO 方程式

$$V \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (QC) - K_a V (c_s - C) - K_d V L + p_a V - R V + W_c \quad (5)$$

$$\begin{cases} K_d = 0.3 \left(\frac{H}{8} \right)^{-0.434}, & 0 \leq H \leq 8' \\ K_d = 0.3, & H > 8' \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} K_a &= 3.93 \frac{U^{0.5}}{H^{1.5}}, \\ H &= 0.30 \text{ m} \sim 9.14 \text{ m}, \\ U &= 0.15 \text{ m/s} \sim 0.49 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (7)$$

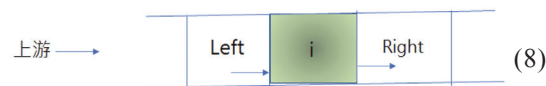


其中， V 為段元體積 (L^3)， C 為水中溶氧濃度 (M/L^3)， c_s 為飽和溶氧濃度 (M/L^3)， p_a 為光合作用係數， R 為呼吸作用係數 ($M/(L^3/T)$)， K_a 為再曝氣係數 ($1/T$)， K_d 為CBOD耗氧係數 ($1/T$)， U 為流速 (L/T)， H 為水深 (L)。

2. 數值處理

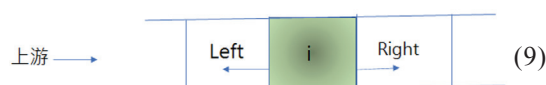
因感潮河段流量向下游流動為正值，向上游為負值，為求數值模式穩定，需採用Upwind Scheme (上游差分法) 計算物質傳輸項。感潮河段物質傳輸項的差分式如下：

上游及下游流量方向均為順流



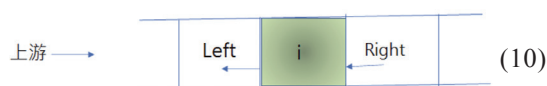
$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = Q_{Left} C_{Left} - Q_{Right} C_{Right} + \dots \quad (8)$$

上游流量方向為逆流，下游流量方向為順流



$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = -|Q_i| C_i - Q_{Right} C_{Right} + \dots \quad (9)$$

上游及下游流量方向均為逆流



$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = -|Q_i| C_i + |Q_{Right}| C_{Right} + \dots \quad (10)$$

上游流量方向為順流、下游流量方向為逆流

$$V_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = Q_{Left} C_{Left} + Q_{Right} C_{Right} + \dots \quad (11)$$

水質模式與河川水理模式串接，需要段元的水體體積、流速及水深等三種水理參數資料。將研究區域劃分成多個水質河段，對應河川斷面即可與河川水理模式串接，如圖8，第1個段元是最上游，將水體分類並以顏色標示，河川水理模式的參數、抽水站、水門或區域排水、污染物質等參數皆以側入流形式匯入對應段元，河段下游邊界條件為另一河段的段元。CBOD/DO濃度。

3. 演算條件設定

水質模式除以上理論和數值模式建置外，對於邊界和污染源點需進行相關設定。本研究水質演算範圍是淡水河流域之淡水河主流 (含上游大漢溪)、新店溪、以及基隆河。淡水河出海口為模式下邊界，上邊界為位於新北市土城和新北市樹林間的城林橋大漢溪河段；新店溪上邊界為新北市新店區的陽光橋河段；基隆河上邊界為新北市汐止之江北橋河段。以上河段均在圖7十河局轄區河川變量流水理模式演算河段範圍內，可取得十河局即時演算之河川流況背景場資料。

河川水溫採用外部檔案設定，於演算時段內為固定值。污染源的設定，下邊界為淡水河口CBOD為1 mg/L，DO為5.5 mg/L；各河段上邊界採用CBOD為5 mg/L，DO為4 mg/L。各河段間，主要受都市排水排放CBOD，參考設定如表2。

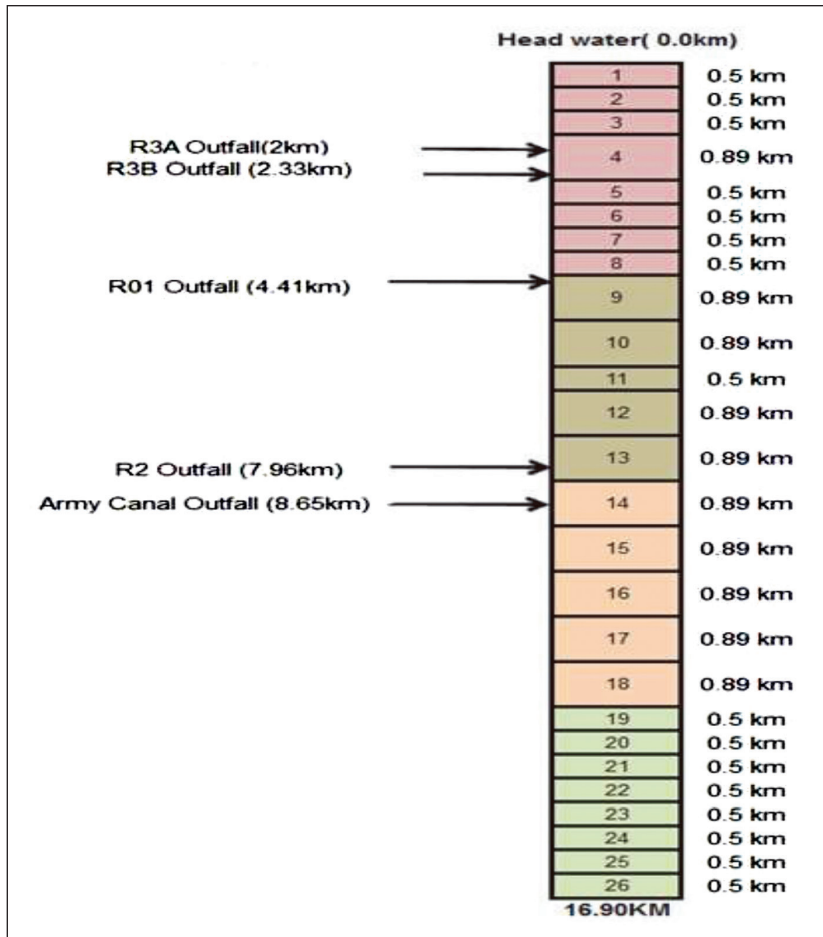


圖 8 水質模式與河川段元分配示意圖

表 2 淡水河流域都市排水污染源參考表

區域		三蘆	板橋	中永和	臺北市
人口數	人	800,000	500,000	700,000	1,000,000
每日用水量	L/man/day	300	300	300	300
污水 / 用水比例		0.8	0.8	0.8	0.8
BOD5/ 人	mg/L	180	180	180	180
區域總污染量	kg/day	34560	21600	30240	43200
流達率	%	0.5	0.8	0.9	0.3
流達河川之污染量	kg/day	17280	17280	27216	12960



(三) 即時系統建置和展示

1. 即時系統架構

以上數值模式開發完成後，需透過自動化排程即時演算，每小時計算河川水質狀況。本研究開發「多彩水淨0」系統，即時介接並解析水質模式所需資料，即時串接各演算模組演算水質，水質演算結果即時輸入資料庫，並透過地圖網頁方式呈現水質資訊，即時系統之架構如圖9。

圖9中顯示，本研究和河川流況以及水質相關的資料計有34類資料集（列於圖左），系統採用之資料圖集分為「MAP DATA」、「原始檔案」、以及「開放資料」，其中「MAP DATA」為內政部國土測繪中心國土

測繪圖資服務雲[5]之平台，為系統展示之地圖平台。「原始檔案」包含十河局提供之淡水河各斷面之即時流況資料，以及臺北市政府水利局提供之水質污染處理資料，「開放資料」包含水利署、氣象局，以及環保署等各單位提供的開放資料。上述資料圖集透過「數據處理」程序，以事前整理分析和即時介接程式等方式，分別轉檔為模式輸入檔「DATA FILES」和資料庫伺服器「SQL SERVER」，再開發網頁應用程式，提供本研究之成果網頁「多彩水淨0」即時呈現。此架構亦把未來擴充應用方向同時考慮，可提供第三方網頁或APP開發使用，河邊活動舉凡健行、跑步、釣魚、自行車、風帆、泛舟、露營等相關APP，或環保署環境即時通APP之水質資訊等，均可接收應用。

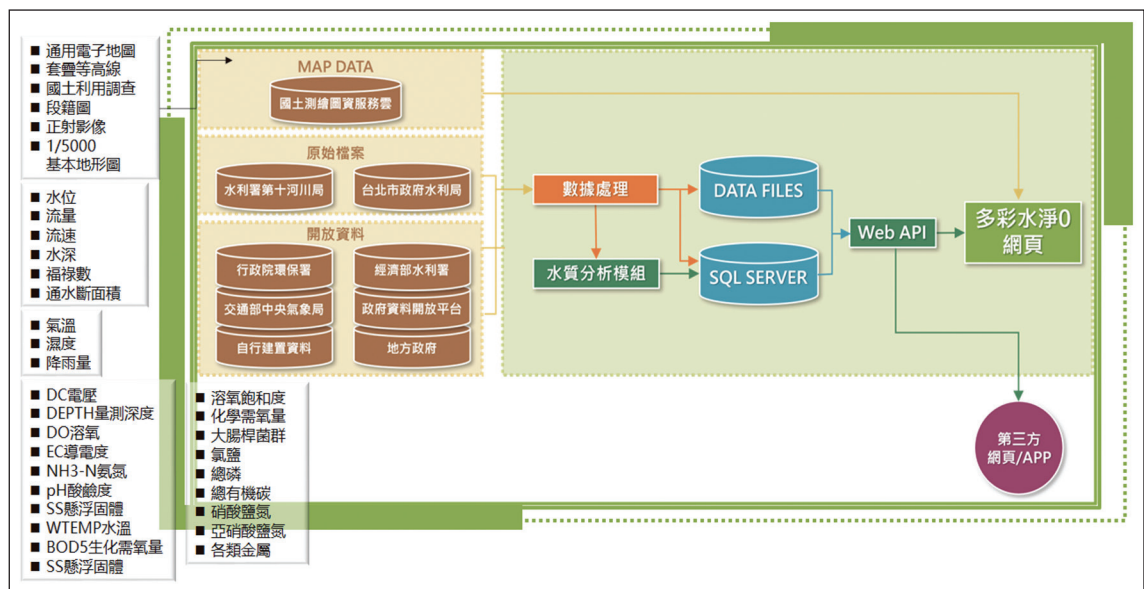


圖 9 「多彩水淨 0」即時系統架構



2. 展示網頁和架設

本研究將即時水質資訊採用網頁進行開發呈現，網頁以地圖方式呈現，資料需求主要區分基礎資料和即時資料，基礎資料主要為各已知設施之空間坐標資料，包含十河局提供之河川大斷面左右樁位，氣象局氣象測站，環保署和臺北市環保局水質監測站，污水下水道截流站等。以上基礎資料與十河局提供河川大斷面左右樁位資料需進行大量的人工調整程序，包含多河段銜接，以及河川彎道處理。接著進行上下游空間關係的建立，並介接即時資料呈現，即時資料包含觀測站監測數據和模式計算結果。由於本研究主要成果為河川溶氧DO和碳生化需氧量CBOD的呈現，為加強使用感受，依DO和CBOD的量值大小以不同顏色表示影響程度。

為彰顯總統盃黑客松的黑客精神，於前端網頁的架設上，採用公開免費資源GitHub Page進行架設，GitHub Page是GitHub提供的一個網頁代管服務，於2008年推出，可用於存放靜態網頁、免費網域設定，GitHub平台提供原始碼版本管理和易於協同合作的功能，上傳之網頁原始碼可自動化建置網頁，並有錯誤自動回報功能。

四、研究結果

2022年8月11日基隆河大佳河濱公園到上游內湖科學園區間的河段，發現大量死魚群，臺北市政府啟動緊急應變，環保局派員

現場查察後研判為連日高溫、水中溶氧偏低所致。工務局水利工程處動員船隻和多名工作人員打撈清除，環保局也調派清潔隊人力協助撿拾岸際魚體，共計動員8艘船隻及逾70名人力，清除69.64噸死魚。此次事件環保局稽查人員沿岸巡查未發現污染偷排情形，現場檢測水溫達31.3度，溶氧3毫克/升、pH值7.45及重金屬快篩均屬正常[6]。

本研究以上述時間點進行淡水河水質狀況分析，分別說明淡水河受感潮影響對於上下游DO和CBOD傳輸的影響，並嘗試從河川流況以及模擬水質結果還原20220811基隆河死魚事件的真相，最後說明本研究之成果網頁和應用情境。

(一) 模式測試和現象探討

模式模擬時間為2022年8月10日0時至2022年8月11日12時，圖10為淡水河口的模擬結果，橫軸為日期時間，上半圖為河口水質模擬時序，左縱軸為CBOD (mg/L)，右縱軸為DO (mg/L)；下半圖為河口流況模擬時序，左縱軸為河口流量（流量係指單位時間內，通過河川橫斷面的水量，常用單位為立方公尺/秒 (cms)），右縱軸為通水斷面積 (m²)。由圖10下半圖可判斷河口為漲潮或退潮，通水斷面積之峰表示河口高潮位，時間約為8月10日9時與22時，8月11日10時；通水斷面積之谷表示河口低潮位，時間約為8月10日3時與16時，8月11日4時。退潮時段

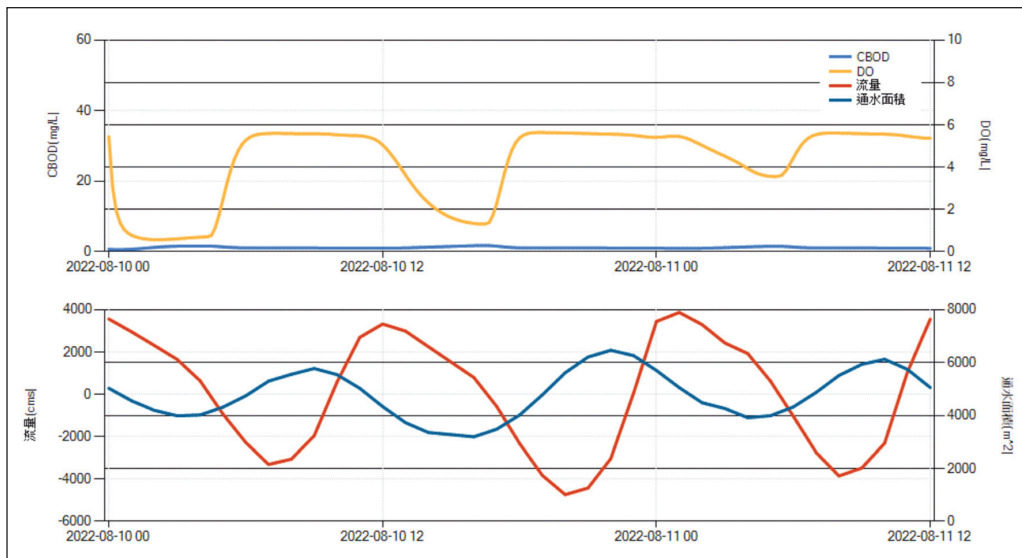


圖 10 淡水河口模擬之河川流況和水質時序圖

為8月10日0時至3時、8月10日9時至16時、8月10日22時至8月11日4時，其餘時間為漲潮時段。流量為負值表示水流由河口向上游流動，會在漲潮後漸漸發生；為正值表示水流由上游向河口流動，於河口退潮後發生，河口漲退潮的流量變化可由-4,000 cms到4,000 cms。由於淡水河口為半日潮，於模擬時段內有三次漲退潮，擷取退潮段到漲潮段DO和CBOD自上游到下游模擬分布如圖11，圖中橫軸為距河口距離（公尺），最左邊505公尺為最接近河口的河段，最上游將近30,000公尺為土城樹林一帶。圖11之DO和CBOD呈現相同現象，在退潮時，濃度峰值是隨著水流向下游河口傳遞；漲潮時，雖然從河口湧入4,000 cms高溶氧的新鮮水，但還沒流到河口的污染物又會被水流向上游推送。上游產生的污染物在河川傳遞過程中，無法在一次感

潮時段出海，根據模擬結果可推算從土城出發的污染物，要隨著潮水漲退花費將近7天才會出海，由此分析亦可推論淡水河中游段的水質會較差，呼應圖1環保署之資料結果。

（二）事件驗證與分析

8月11日死魚群發生的河段位於基隆河，將8月10日至11日具有自動觀測資料的基隆河承德橋和成美長壽橋水質模擬結果和觀測資料繪如圖12和圖13，圖內配置同圖10，但增加DO觀測資料，以紅點表示。由DO模擬值和觀測值之比較結果，可看出DO模擬結果無論趨勢或量值都和觀測值非常接近，驗證成果良好。環保署全國環境水質監測資訊網[7]指出，魚類基本存活的要求水中溶氧3 mg/L或4 mg/L以上，連日高溫降低水中溶氧量，

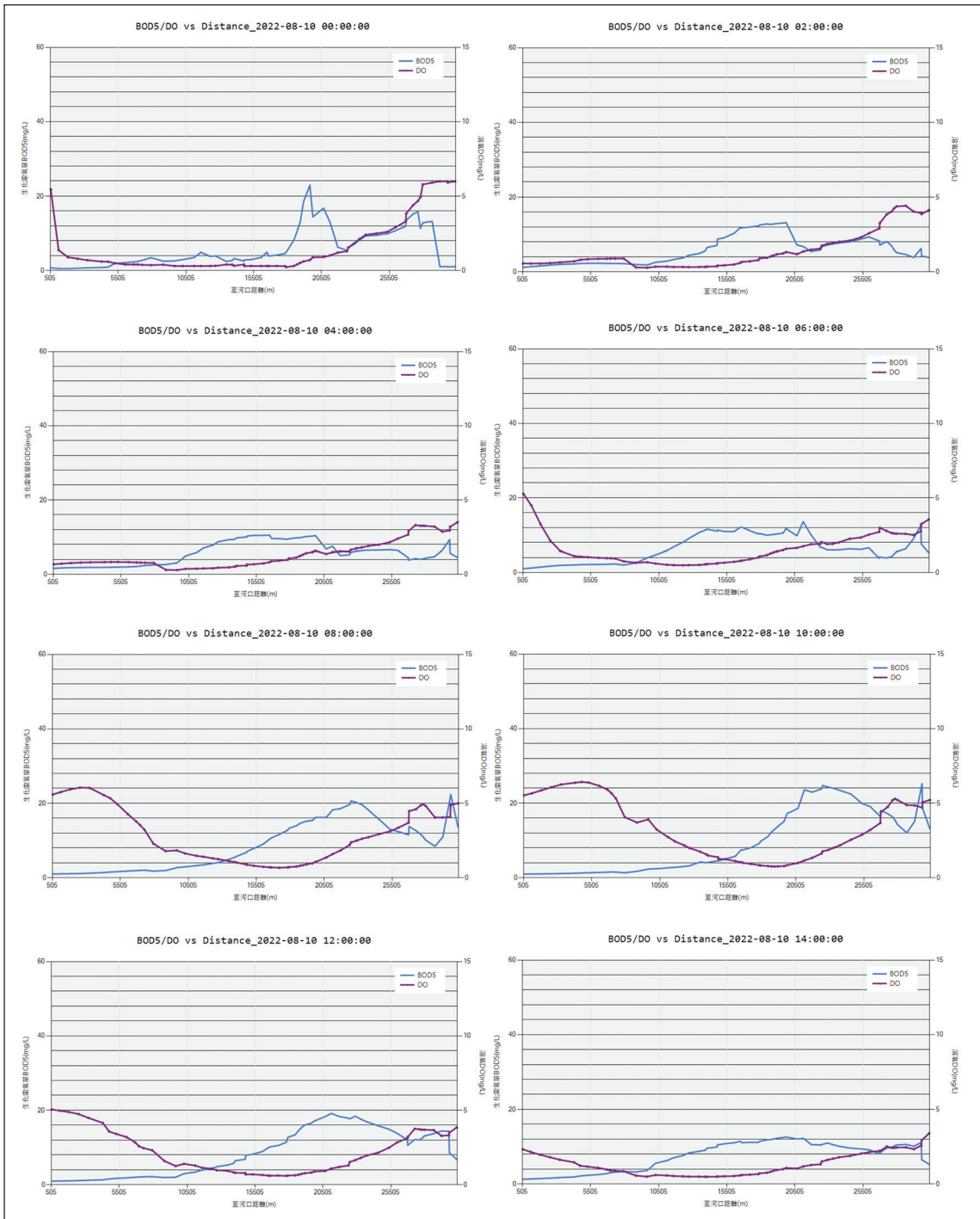


圖 11 淡水河主流漲退潮之 DO 和 CBOD 自下游到上游之分布

當水中溶氧低於2 mg/L時可能就會造成魚類缺氧死亡。圖12和圖13中，承德橋8月11日清晨4時的DO觀測值為0.26 mg/L，模擬值為0.47 mg/L，成美長壽橋DO觀測值為0.89 mg/L，模擬值為1.24 mg/L，均屬於低溶氧環境，且時間長達數小時，可能是造成魚群死亡的原因。

此外，由於較下游的承德橋DO較上游之成美長壽橋更低，因此可推測造成死魚發生的河段應在下游一帶，由於8月11日4時後淡水河口開始漲潮，河水由河口一路往上游傳輸，由圖12可看出承德橋約在8月11日6時左右流量出現負值，因此死魚群將隨著感潮的河水自下游向上游傳輸，最後集中在大佳河

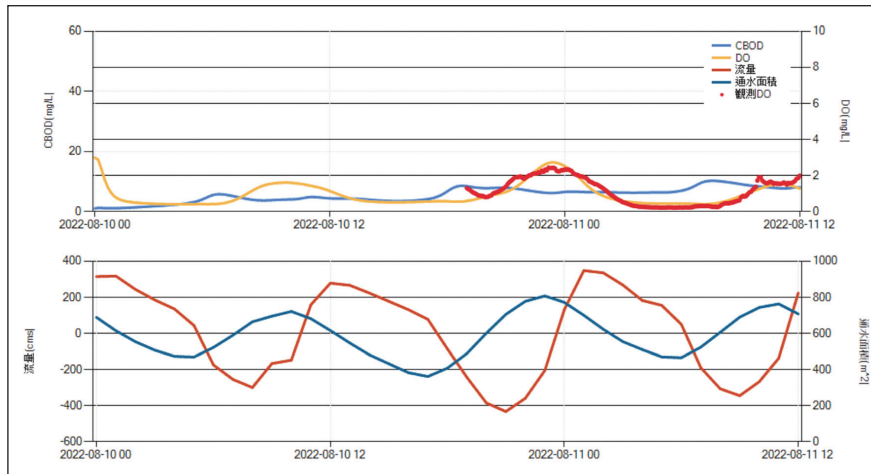


圖 12 基隆河承德橋 8 月 10 日至 11 日之水質模擬和觀測驗證結果

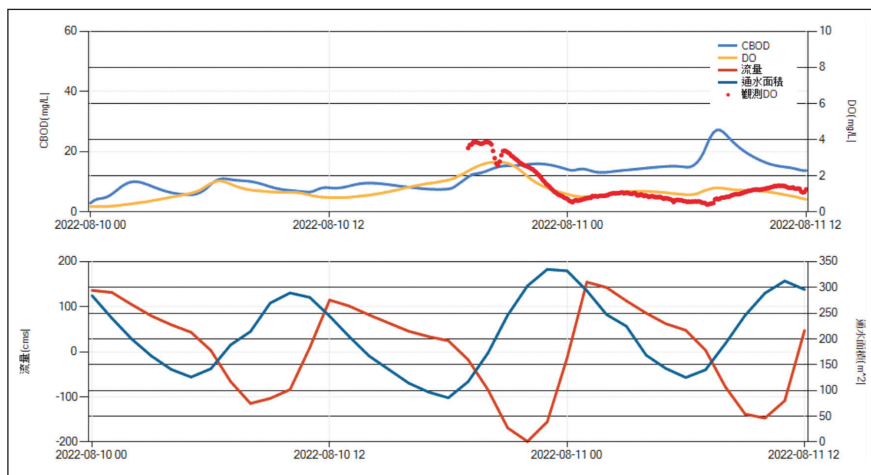


圖 13 基隆河成美長壽橋 8 月 10 日至 11 日之水質模擬和觀測驗證結果



濱公園至內湖科學園區一帶的河段。

由以上分析可知，結合水質模式的計算，較有限數量的單點觀測資料，更能掌握河川水質，可協助分析河段內水質變化狀況，搭配河川流況，更可分析物質傳輸的源頭和去向，協助釐清問題，提供未來防範參考。

(三) 串接結果和展示網頁

本研究之水質模式採用即時系統運作，根據最新河川流況和水溫等資料，每小時自動化演算，並將結果透過地圖化網頁呈現，系統命名為「多彩水淨0」，如圖14和圖15。圖15為專家版，提供專家掌握對河川斷面的模擬數據。圖14是以一般民眾為使用對象，以生活應用普及化的地圖化展示，圖中右上角可選用不同地圖圖層為「故事舞台」，包含「臺灣通用電子地圖」、「臺灣通用電子地

圖透明」、「臺灣通用電子地圖（套疊等高線）」、「國土利用調查成果圖」、「段藉圖」、「正射影像圖（通用版）」、以及「1/5000基本地形圖」，預設為「臺灣通用電子地圖」，民眾可依需求選用地圖圖層。

右側「關心重點」是最主要功能，為貼近民眾採用科普應用設計，以「水中氧氣」和「水中污染」分別表示DO和CBOD，提供民眾點選，預設為「水中氧氣」，可由圖中看出各河段DO狀態，以不同顏色表示「氧氣充足」、「水中快缺氧」、以及「水中缺氧」，圖例如圖14左下所示，若出現「驚嘆號」標誌，則表示水中溶氧極低，可能造成魚群死亡，民眾將可能在所在河段看見死魚漂流，政府機關則可調派曝氣船前往該河段進行曝氣提昇DO，減少魚群缺氧死亡的風險，展現政府的積極作為。「水中污染」展示河川CBOD狀況，以不同顏色表示「嚴重污



圖 14 「多彩水淨0」民眾版地圖化即時水質資訊網頁



圖 15 「多彩水淨O」專家版地圖化即時水質資訊網頁

染」、「中度污染」、「輕度污染」、以及「未（稍）受污染」，民眾若在「嚴重污染」的河段遊憩，應避免碰觸河水，並可能聞到臭味。搭配圖14左側的「水邊情報」，會將河川DO和CBOD的狀況以「可能發生死魚河段」、「異味影響」、以及「不建議遊憩」提出參考文字訊息。「可能發生死魚河段」是以河川為單位，如淡水河、基隆河、新店溪；「異味影響」呈現河川週邊的村里，並在地圖上以紅色塊標註村里位置；「不建議遊憩」則以河邊的休閒設施為單位，如河濱公園等。

右側「鄰近站況」包含「氣象站」和「截流站」，開啟功能後，將顯示流域內氣象局氣象站即時觀測資料，如圖14右下角示意為淡水站觀測時間的氣溫和濕度，以及臨河川之下水道污水截流站資訊。地圖具備定位功能，可查詢「我在哪裡」，並放大展示附

近河段的水質資訊。地圖最下方為時間軸，點選不同時段可展示該時段的水質資訊，並可開啟動畫播放功能，觀看水質在河道內的變化。

五、結論及未來展望

本研究建置水質數學物理模式，即時計算河川水質變化狀況，並以20220811基隆河死魚事件進行驗證，對污染來源和去向進行模擬分析。水質監測設備需與水接觸，其折損率高，且需要定期汰換並投入高昂維護成本，而監測數據也需較高檢覈辨識成本。

透過「多彩水淨O」系統即時計算結果，監測時間頻率由原先一個月一次提高720倍效益為每小時演算；水質數據點位由22處觀測點提升8倍效益至163處演算點；監測空間



距離由原先平均站距5.8公里提升10倍增密為0.5公里解析度之計算值，有效提升高時空解析度之水質資料，提高經濟效益。此外，更可結合水質感測元件，透過科學計算結果協助判斷異常監測調整儀器、提供後續汰換及佈設點位評估，突破傳統計算模擬的限制達到數位孿生的目標，將感測元件成本降至最低，達到環保減碳成效。

建置「多彩水淨0」地圖化網頁，提供全民使用，或經機關許可納入機關官網和APP。對於民眾而言，過去需實際走近河邊才看到死魚或發現水質問題而無法遊憩，現在可擁有全河段水質數據提供遊憩活動參考；對於政府機關，過去僅能接獲通報後緊急處理追查，現在可即時提供主動積極作為，如發現缺氧河段，則調派曝氣船增加溶氧，降低魚群死亡機率；當相鄰監測站數據明顯差異，也可透過系統計算結果找出可能源頭，協助判斷工廠偷排廢水地點，更可協助提供人工濕地、截流站操作及大型活動辦理之參考依據，有效提升民眾友善觀感，落實愛河川、親近水的目標。

未來透過計算，即能提供透明的水質資訊，擴充氮、懸浮質，計算河川污染指數RPI，應用至全臺灣河川。目前政府已有優質空污資訊，結合細緻高時空解析度之水質資訊更能具體落實智慧城市目標。本研究即時河川水流、水質計算為目前國際先進的技術，並符合多項聯合國SDGs的目標，成果

和經驗可輸出國際，增加臺灣聲量。透過科學、科技與創新能力，擴大科技使用，加強永續發展政策的一致性，於國際上朝向人人有最佳用水、確保生態系統運作正常，能安居永續的終極目標。

六、致謝

本研究承蒙2022年總統盃黑客松評審團自全國近200隊參賽團隊中評選為卓越團隊，水利署張廣智副總工程司於參賽期間提供許多良善建議和方向，十河局提供世界頂尖的即時河川流況計算資訊，並由臺北市政府工務局水利工程處提供詳實的死魚事件相關處理資料，特此感謝。卓越團隊「多采多資水蓋鮮」由經濟部水利署，多采科技，多采工程顧問，臺大水科技與低碳永續創新研發中心，臺大水工試驗所，富鈞水資組成，由衷感謝各團隊於參賽期間的付出。

參考文獻

1. The 17 Sustainable Development Goals of United Nations, <https://sdgs.un.org/goals>
2. 環保署水質保護網：<https://water.epa.gov.tw/Public/CHT/River/Tamsui.aspx>
3. 臺北市環境品質資訊網 https://www.tldep.gov.taipei/Public/EnvMonitoring/River_NormalStation.aspx
4. 111年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業，經濟部水利署第十河川局，民國111年。
5. 內政部國土測繪中心國土測繪圖資服務雲 <https://maps.nlsc.gov.tw/>
6. 聯合新聞網「熱死了！基隆河連日魚群暴斃」，<https://udn.com/news/story/7323/6533666>
7. 環保署全國環境水質監測資訊網，https://wq.epa.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/WaterKnowledge/Pedia_01.aspx
8. Applied Hydrology, Chow, Ven Te/Maidment, David R./Mays, Larry W., 1988。



9. Surface Water-Quality Modeling ,Steven C, Chapra. , 2008。
10. 洪水預報與減災應變網絡雜型建置計畫, 經濟部水利署, 民國 93 年。
11. 洪水預報與減災應變格網建置計畫 (1), 經濟部水利署, 民國 94 年。
12. 洪水預報與減災應變格網建置計畫 (2/2), 經濟部水利署, 民國 95 年。
13. 水文模式與分散式洪水預報系統整合應用計畫 (1/3)~(3/3), 經濟部水利署, 民國 96~99 年。
14. 機率式洪水預報系統之研發 (1/2)~ (2/2), 經濟部水利署, 民國 99~100 年。
15. 系集洪水預報系統資訊整合及加值應用, 經濟部水利署, 民國 103 年~
16. 系集洪水預報決策支援服務之研發應用, 經濟部水利署, 民國 104 年。
17. 洪水預報決策支援服務建置及加值應用, 經濟部水利署, 民國 105 年。
18. 洪水預警決策支援服務技術研發及加值應用, 經濟部水利署, 民國 106~107 年。
19. 洪水預警服務支援及智慧防汛系統研發應用, 經濟部水利署, 民國 108~110 年。
20. 水情預警資訊服務精進及資料分析應用評估, 經濟部水利署, 民國 111 年。
21. 臺北防洪整體檢討計畫, 經濟部技術處, 民國 85 年。
22. 臺北防洪整體檢討計畫 (二), 經濟部技術處, 民國 86 年。
23. 淡水河整體洪水預報系統模式之研發, 經濟部水利署, 民國 87 年。
24. 淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充計畫 (一), 經濟部水利署第十河川局, 民國 89 年。
25. 淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充計畫 (二)」, 經濟部水利署第十河川局, 民國 90 年。
26. 淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充計畫 (三)」, 經濟部水利署第十河川局, 民國 91 年。
27. 基隆河洪水預報模式建置計畫」, 經濟部水利署第十河川局, 民國 91 年。
28. 淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護」, 經濟部水利署第十河川局, 民國 97 年。
29. 98 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護, 經濟部水利署第十河川局, 民國 98 年。
30. 99 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護, 經濟部水利署第十河川局, 民國 99 年。
31. 100 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護, 經濟部水利署第十河川局, 民國 100 年。
32. 101 年度淡水河即時洪水預報系統模式擴充及維護, 經濟部水利署第十河川局, 民國 101 年。
33. 102 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 102 年。
34. 103 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 103 年。
35. 104 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 104 年。
36. 105 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 105 年。
37. 106 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 106 年。
38. 107 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 107 年。
39. 108 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 108 年。
40. 109 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 109 年。
41. 110 年度十河局轄區洪水預警及防汛整合作業, 經濟部水利署第十河川局, 民國 110 年。