

災害防救應用科技方案
『水文整合模擬技術研發』
成果報告書書

中華民國 102 年 1 月

目錄

第一章、緒論	3
第二章、系集大氣-水文整合模擬系統開發	6
第三章、前瞻水文模擬技術發展	12
第四章、試驗流域之水文觀測與設備維運	15
第五章、非接觸式河川流量觀測研究與應用	17
第六章、結論	23

第一章、緒論

工程防洪方法有其限制，除必要的工程方法外，亦須配合適當的非工程減災方法降低災害發生。其中可行且有效的方式，莫過於有效的災害預警和應變措施，即於災前掌握颱風與豪雨動態，透過適時的淹水預警並啟動可能致災區之防救機制，將災害損失降至最低程度。因此整合觀測資料、颱風及定量降雨預報技術與洪水模擬模式，建構洪氾即時預警平台，供災害防救業務執行單位研擬減災應變對策與進行災害防救之減災、整備、應變等相關工作參考。此外，颱洪中心於颱風和豪雨事件期間，結合定量降雨預報資訊，整合中、上游集水區降雨逕流模式、河道洪水演算模式與區域淹水模式，發展結合定量降雨預報之水文模擬技術，並考量定量降雨之不確定性以改進洪水預測之時效性與準確度，進一步提供相關單位進行災害潛勢分析及啟動災害防救機制之參考，協助降低洪水預警的不確定性，減少洪災損失。

本年度計畫目標及成果簡述如下：

1.1. 系集大氣-水文整合模擬系統開發

配合試驗流域建置及水文觀測資料取得，逐步應用大氣-水文整合系統於試驗流域，結合定量降雨預報資訊，整合多種中、上游集水區降雨逕流模式、河道洪水演算模式與區域淹水模式，發展結合定量降雨預報之系集水文模擬技術，以改進洪水預測之時效性與準確度。本項工作配合宜蘭河試驗流域，完成整合中、上游集水區降雨逕流模式、河道洪水演算模式及區域淹水模式，並利用所建置試驗流域之水文觀測資料，於宜蘭河流域進行水文模式測試。所選擇之降雨逕流模式為運動波-地貌瞬時單位歷線模式(KW-GIUH)，河川洪水及二維區域淹水模式則為 WASH123D，經蘇拉及蘇力兩場颱洪案例測試後，皆能合理描述其水文事件及流域特性。本項工作更結合定量降雨預報資訊，發展結合定量降雨預報之系集水文模擬技術，並建構一整合性平台，可進行試驗流域展示及提供水位預報資訊，產出成果提供相關單位參考與應用。

1.2. 前瞻水文模擬技術發展

本項工作內容包括集水區整合模擬技術之改進、統計型水文預報技術開發與即時資料同化與誤差修正等前瞻水文模擬技術發展，透過

模式測試與檢定程序，逐步進行實際應用。本中心結合氣象局、水利署、營建署、台灣大學、中央大學、師範大學、文化大學及屏東科技大學等院外相關單位成果與技術能量，研發「國研天霖鈴-淹水潛勢預判系統」，納入當地特性以預判未來 1~3 天各鄉鎮市的淹水機率。系統已建置完成，並於 102 年在屏東縣進行實際測試與應用。經過四場事件，包括西馬隆、潭美、康芮及天兔颱風之測試，縣府相關使用人員意見反應系統平均準確率達 80 % 以上。本系統將與屏東縣政府持續合作，收集 102 年屏東縣實際淹水資料以改善系統評估能力，同時本系統也計畫在 103 年新增一至二縣市，利用系統評估結果協助地方災害應變決策，降低災害損失與人員傷亡。

1.3. 試驗流域之水文觀測與設備維運

颱洪中心於民國 101 年，在典寶河流域及宜蘭河流域，建置高密度之水文觀測儀器。本年度持續建置相關觀測儀器，進行流域與河川水文觀測、資料檢核與分析工作，並將資料置於資料庫中供學界使用。所收集之檢核後資訊，可進行颱洪中心既有模式之校驗及測試，期能增加對此二易淹水區域之瞭解，及評估未來在此二區域所需增加觀測項目，以供學界針對此易淹水區特性進行模式開發。本工作項目分別於 6 月及 12 月進行維護檢測，內容包括：各站的耗材更換、各儀器讀值檢測、通訊檢測(包括：通訊線路功能、數據機功能)、及烏溪流域水位站(包括：大衛橋、大峰橋、西柳橋)之探頭遷移維護。同時於每月進行自記式設備資料下載、即時測站巡查及環境清潔，且於汛期(6 月至 10 月)間增至每月兩次。另擬定資料品管流程架構，進行合理性的檢驗，由系統自動匯入 word 檔儲存並自動列印，以供品管員進行品管確認。截至 102 年度底為止，通過檢核之資料總計超過 3600 萬筆。

1.4. 非接觸式河川流量觀測研究與應用

在暴雨情況下，河川水流速度高，接觸式儀器難以適用，且地形變化大，致使河川流量量測產生較大之誤差，進而使得河川水位的預測、淹水潛勢的分析、水門與抽水站及水庫的操作等充滿變數。颱洪中心已於民國 101 年於典寶溪及宜蘭河流域發展非接觸式之流量觀測研究。目前試驗流域內共設置六處流速站；宜蘭河流域：中山橋、新城橋及員山大橋；典寶溪排水集水區：五里林橋、燕鳳橋及聖興橋。已利用聲波都卜勒流速剖面儀(ADCP)進行 40 場次之流量量測作業；

宜蘭河流域主要為蘇力颱風及潭美颱風；典寶溪排水集水區主要為康芮颱風及天兔颱風。宜蘭河流域主要量測位置為中山橋及員山大橋；典寶溪排水集水區主要量測位置為燕鳳橋、聖興橋及五里林橋。目前宜蘭河流域與典寶溪排水集水區已進行之 ADCP 流量觀測範圍分別為 4 ~ 26 m³/s 及 1 ~ 220 m³/s。每次量測各測站及各場次所得之標準偏差不一，但皆屬合理範圍。另根據目前有限之 ADCP 量測資料初步決定合理之平均-表面流速比值，五里林橋、聖興橋以及燕鳳橋之平均-表面流速比值分別為 0.58、0.76 以及 0.61，期望繼續累積量測事件，令流量推估結果更加可靠。

第二章、系集大氣-水文整合模擬系統開發

配合試驗流域的水文觀測資料，整合降雨逕流模式 KW-GIUH、河道演算與區域淹水模式 WASH123D，並結合定量降雨預報資訊，發展一整合性的系集大氣-水文模擬系統，系統中之各模式皆以颱風洪案例進行測試。針對各模式測試結果說明以下

2.1 降雨逕流模式 KW-GIUH

為評估模式所模擬之流量與實測流量間之差異，本研究採用統計及水文學上常用的三種指標，分別為洪峰流量誤差百分比、洪峰到達時刻誤差及效率係數，其說明如下：

洪峰流量誤差百分比(Percent error of peak discharge)

$$EQ_p(\%) = \frac{(Q_p)_{sim} - (Q_p)_{rec}}{(Q_p)_{rec}} \times 100\% \quad (1)$$

其中 $(Q_p)_{sim}$ 為模擬之洪峰流量， $(Q_p)_{rec}$ 為紀錄之洪峰流量。

洪峰到達時刻誤差(Error of the time to peak discharge)

$$ET_p = (T_p)_{sim} - (T_p)_{rec} \quad (2)$$

其中 $(T_p)_{sim}$ 為模擬之洪峰到達時間； $(T_p)_{rec}$ 為紀錄之洪峰到達時間。

效率係數(Coefficient of efficiency)

$$CE = \frac{\sum_{t=1}^n [Q_{rec}(t) - Q_{sim}(t)]^2}{\sum_{t=1}^n [Q_{rec}(t) - \bar{Q}_{rec}]^2} \quad (3)$$

其中 \bar{Q}_{rec} 為紀錄流量之平均值； CE 之值愈接近 1，表示模式預測效能愈佳。

蘇拉颱風之降雨逕流模擬結果如圖 1 所示，不論在蘇拉颱風尖峰量模擬(新城橋: $EQ_p=3.42\%$ ；員山大橋: $EQ_p=2.75\%$ ；中山橋: $EQ_p=0.87\%$)、洪峰到達時刻(新城橋: $ET_p=1hr$ ；員山大橋: $ET_p=1hr$ ；中

山橋: $ET_p=0\text{hr}$)或歷線上升段與退水段之模擬(新城橋: $CE=0.84$; 員山大橋: $CE=0.86$; 中山橋: $CE=0.92$), 大致上可獲得良好的模擬結果。其中新城橋、員山大橋、中山橋以上集水區之運動水流數(Kinematic flow number)均大於 20, 且正常水流福祿數大於 0.5, 符合以運動波模式進行逕流模擬之標準。

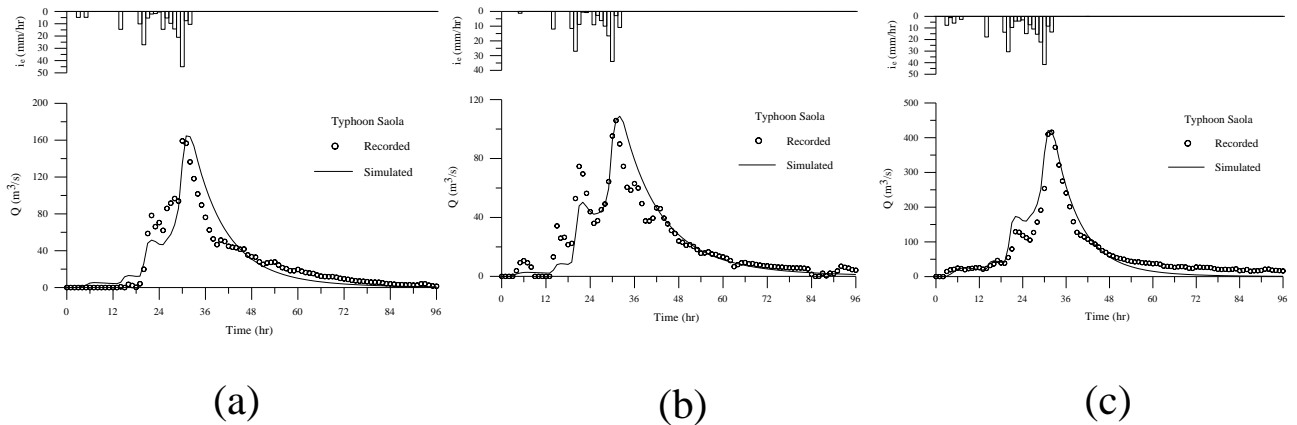


圖 1、KW-GIUH 於宜蘭河降雨逕流模擬結果(蘇拉颱風) (a)新城橋(b)員山大橋(c)中山橋。

運動波-地貌瞬時單位歷線模式在蘇拉颱風參數率定階段都有良好的表現,效率係數 CE 皆在 0.84 以上,洪峰時間誤差在 1 小時之內,洪峰流量誤差在 3.42% 之內。模式驗證部分,使用蘇拉颱風所檢定之模式參數,應用於蘇力颱風進行分析驗證。而蘇力降雨逕流模擬結果如圖 2 所示,不論在蘇力颱風尖峰量模擬(新城橋: $EQ_p=0.63\%$; 員山大橋: $EQ_p=2.36\%$; 中山橋: $EQ_p=1.48\%$)、洪峰到達時刻(新城橋: $ET_p=0\text{hr}$; 員山大橋: $ET_p=0\text{hr}$; 中山橋: $ET_p=-1\text{hr}$)或歷線上升段與退水段之模擬(新城橋: $CE=0.90$; 員山大橋: $CE=0.92$; 中山橋: $CE=0.86$)均與紀錄資料相符。由此分析結果顯示,運動波-地貌瞬時單位歷線模式適用於此三處流量站之降雨逕流模擬。

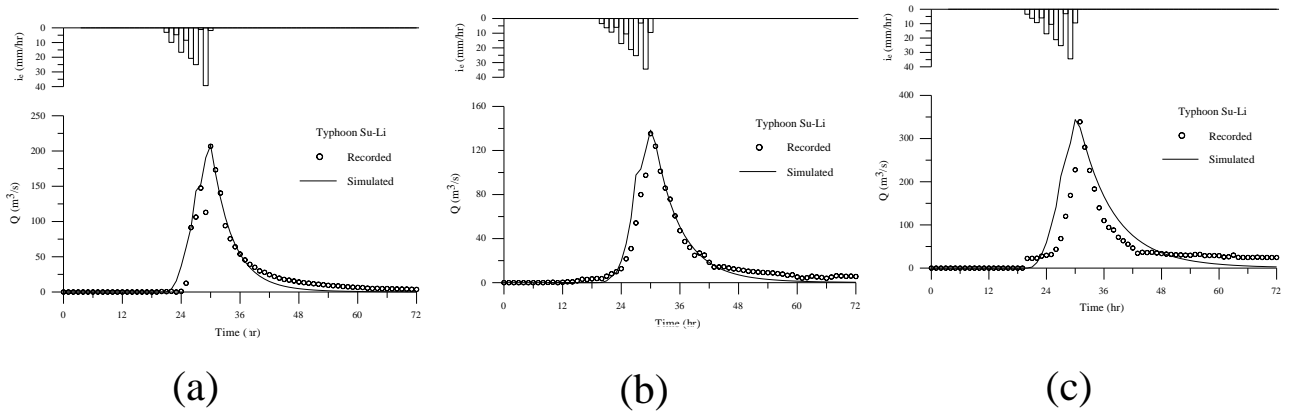


圖 2、KW-GIUH 於宜蘭河降雨逕流模擬結果(蘇力颱風) (a)新城橋(b)員山大橋(c)中山橋

2.2 河道演算模式 WASH123D

在 WASH123D 模式於宜蘭河一維河道水理演算方面，分別以蘇拉颱風與蘇力颱風兩個歷史颱風事件，說明 WASH123D 一維河道演算模式在模擬宜蘭河流域河川水位的表現。以 2012 年蘇拉颱風為例，使用 WASH123D 模式於員山大橋與新城橋以下至噶瑪蘭橋間，進行一維河道演算，模擬時間為 2012 年 8 月 1 日 01 時至 8 月 5 日 00 時，模擬結果如圖 3 所示，圖中並顯示中山橋、黎霧橋以及壯圍大橋的觀測水位。整體而言，水位模擬結果接近觀測值。以中山橋為例，洪峰水位模擬結果較觀測值高；最高模擬水位為 6.97 m，而最高觀測水位則為 7.08 m，兩者相差僅 0.11 m；觀測洪峰時刻為第 32 小時，而所模擬之洪峰時刻亦為第 32 小時，經兩者比較顯示無洪峰時刻誤差。黎霧橋水位站之最高模擬水位為 5.62 m，而最高觀測水位為 5.32 m，兩者洪峰水位誤差為 0.3 m，且於退水時段之水位模擬值高於觀測值；觀測洪峰時刻為第 33 小時，所模擬之洪峰時刻亦為第 33 小時，因此其洪峰時間無差距。壯圍大橋水位站之最高模擬水位為 2.99 m，而最高觀測水位為 3.12 m，兩者誤差約為 0.13 m；另觀測洪峰為第 32 小時，而模擬洪峰之時間較觀測值遲了約 2 小時。由以上模擬結果顯示，WASH123D 模式能掌握蘇拉颱風事件下之中山橋、黎霧橋及壯圍大橋之洪峰到達時間與河川水位。

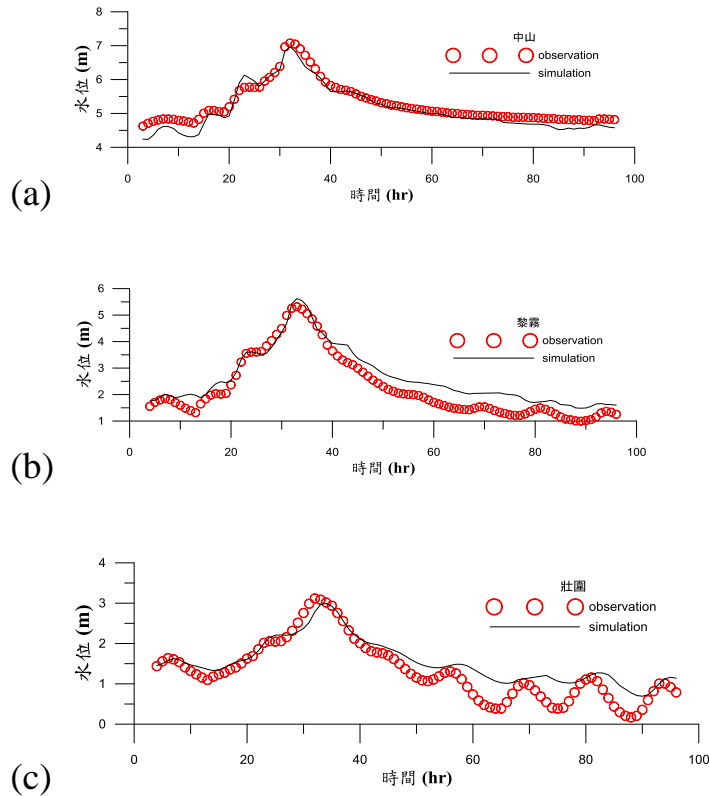


圖 3、蘇拉颱風事件中 WASH123D 模式於宜蘭河流域河川洪水模擬與觀測水位比較(a)中山橋(b)黎霧橋(c)壯圍大橋

針對 2013 年蘇力颱風，進行宜蘭河流域相同河段之水位模擬，模擬時間為 2013 年 7 月 12 日 00 時至 7 月 14 日 23 時，中山橋、黎霧橋及壯圍大橋之水位模擬結果與觀測水位之比較，如圖 4 所示。以中山橋結果為例，洪峰最高模擬水位值為 6.16 m，而最高觀測水位為 6.06 m，相差僅 0.1 m；觀測洪峰時刻為第 30 小時，而所模擬之洪峰時刻亦為第 30 小時，因此無洪峰時刻誤差。在黎霧橋水位站，模擬之最高水位 3.84 m，而觀測最高水位則為 3.60 m，洪峰誤差為 0.24 m；觀測洪峰水位為第 31 小時，所模擬之洪峰時刻亦為第 31 小時，因此其洪峰時間無差距。於壯圍大橋所模擬之最高水位 2.40 m，而觀測最高水位則為 2.26 m，誤差約為 0.14 m。整體而言，在蘇力颱風事件中，經模擬之洪水歷程與實測水位值之比較發現，除了在退水時段之水位誤差較大外，WASH123D 模式皆能掌握中山橋、黎霧橋及壯圍大橋之洪峰發生時間與洪峰水位。

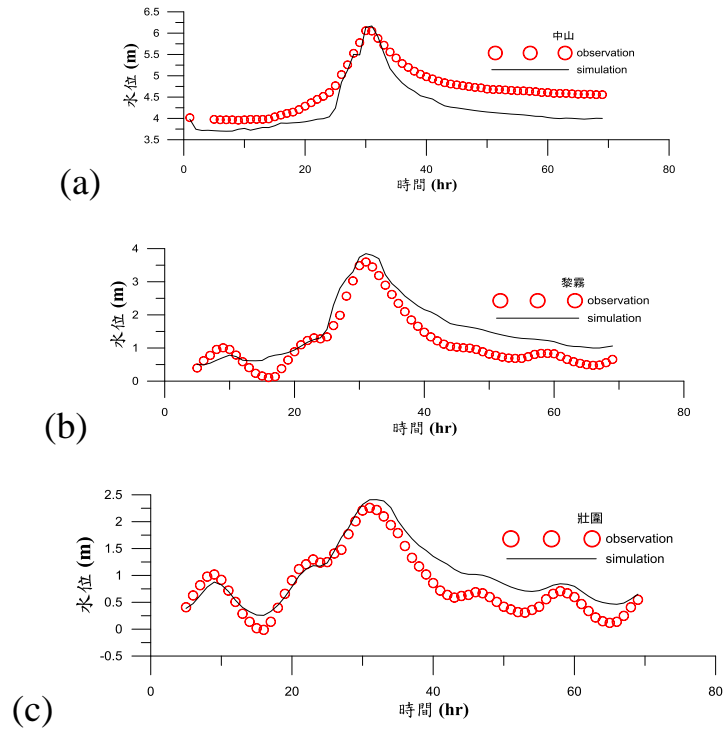


圖 4、蘇力颱風事件中 WASH123D 模式於宜蘭河流域河川洪水模擬與觀測水位比較(a)中山橋(b)黎霧橋(c)壯圍大橋

2.3 二維淹水模式 WASH123D

在宜蘭河流域二維淹水模擬方面，圖 5(a)為宜蘭河流域地形分佈，由圖可知，宜蘭河流域地勢西高東低，山區與平原交接處相當明顯，因此所模擬之二維淹水範圍為新城與員山大橋以下之區域。圖 5(b)為模擬區域與網格配置，其網格形態為三角網格。目前數值地形資料之解析度為 40 m x 40 m，但為平衡模擬計算時間與實際可能淹水情況，於較不易發生淹水之區域使用較粗網格，例如宜蘭河北岸採用 150 m 解析度，市區或易淹地區則為 40 m，於宜蘭河流域內共佈置 13,682 個網格。以蘇拉颱風為案例，模擬時間為 2012/7/31 00 ~ 8/3 00，並以宜蘭河流域中 8 個雨量站之時雨量資料作為模式入流條件進行淹水模擬。圖 6(a)為使用 WASH123D 二維淹水模式於 2012/8/2 13:00 時刻之宜蘭河流域二維淹水模擬結果範圍。實際淹水範圍位於美福大排兩側區域，尤其於美福村與新南村區域，如圖 6(b)所示。淹水模擬結果與實際淹水範圍相當符合，然而於淹水站之淹水值與實際結果仍有差異，原因可能為模式中網格解析度不足以描述較局部之地形變化，

且所應用之數值地形資料解析度不易描述美福大排附近平坦區域細微地形變化與支排及小徑所形成的局部低窪區域，未來會持續加強模式網格的加密以期符合所模擬區域之實際地文特性。

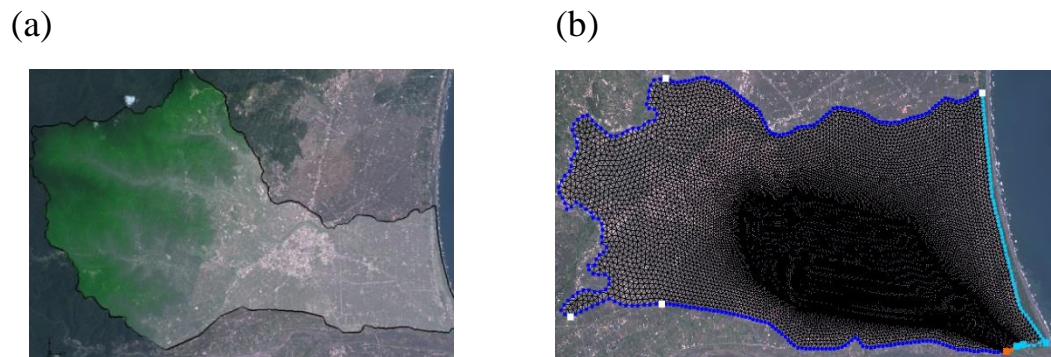


圖 3-3.5、(a)宜蘭河流域地形分佈與(b)宜蘭河流域二維淹水模式網格配置。

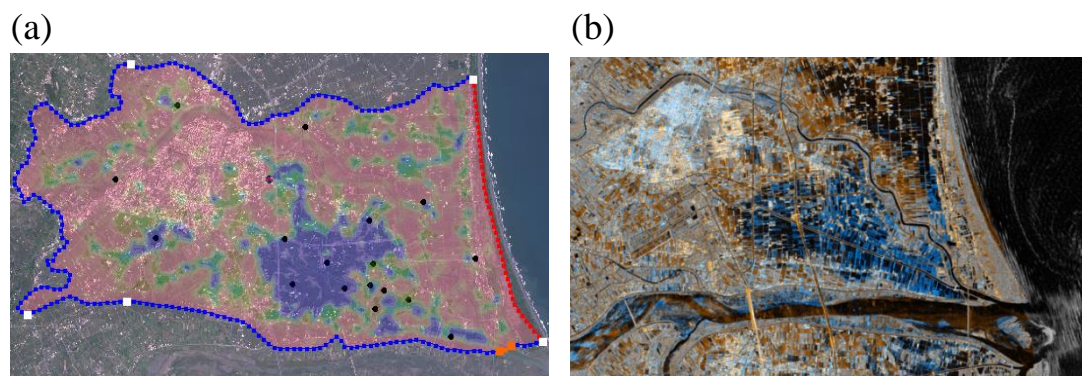


圖 3-3.6、(a)蘇拉颱風之二維淹水模擬範圍及(b)淹水空照圖。

第三章、前瞻水文模擬技術發展

歐美國家發展的洪水預警系統，如 European Flood Alert System (EFAS)與 Real Time Flood Alert System (RTFAS)，多以河川水位(外水)溢堤為主要探討重點。觀察台灣近年致災原因，外水溢堤已不多見，反倒是因強降雨造成的堤內排水(內水)不及造成淹水越趨頻繁。有鑒於此，颱洪中心結合定量降雨系集預報試驗，考慮水利署淹水潛勢圖、歷史淹水記錄、鄉鎮市雨水下水道系統設計標準、及當地淹水田野調查等資料，利用微基因演算法(Micro-genetic Algorithm)發展出專家系統快速評估都會區淹水潛勢。為彌補數值天氣模式需要較長的計算時間，本工作項目捨棄水文水理模式的複雜計算，改以統計模式為基礎以符合作業化評估的需求，並將之命名為國研天霖鈴淹水潛勢預判系統。系統會依據一天四次的預報雨量結果，預判豪雨來臨 72 小時內各鄉鎮市的淹水機率，使用者可透過網頁或電子郵件接受系統預判資訊。

目前系統已建置完成，並在屏東縣進行測試與應用。根據過去三場歷史事件(99 年凡那比颱風、100 年南瑪都颱風及 101 年天秤颱風)進行模式測試，測試方法參考表 1 的定義，以系統預判優先注意結果與真實淹水紀錄驗證，並利用下列三式進行模式效率評估：

$$\text{整體評估正確率} = (\text{命中} + \text{無事件}) / \text{全部鄉鎮市} \quad (4)$$

$$\text{高潛勢評估正確率} = \text{命中} / (\text{命中} + \text{假警報}) \quad (5)$$

$$\text{低潛勢評估正確率} = \text{無事件} / (\text{無事件} + \text{漏報}) \quad (6)$$

表 3-3.1、國研天霖鈴淹水潛勢預判系統之評估結果分析定義

	觀測到淹水	未觀測到淹水
預測淹水	命中	假警報
預測未淹水	漏報	無事件

經過三場歷史系統驗證測試，本系統已於 102 年下半年繼續選定屏東縣做為示範區進行實地應用與測試。圖 8(a)為淹水潛勢預判結果網頁實際顯示畫面，圖 8(b)為針對屏東縣客製化系集試驗雨量結果。

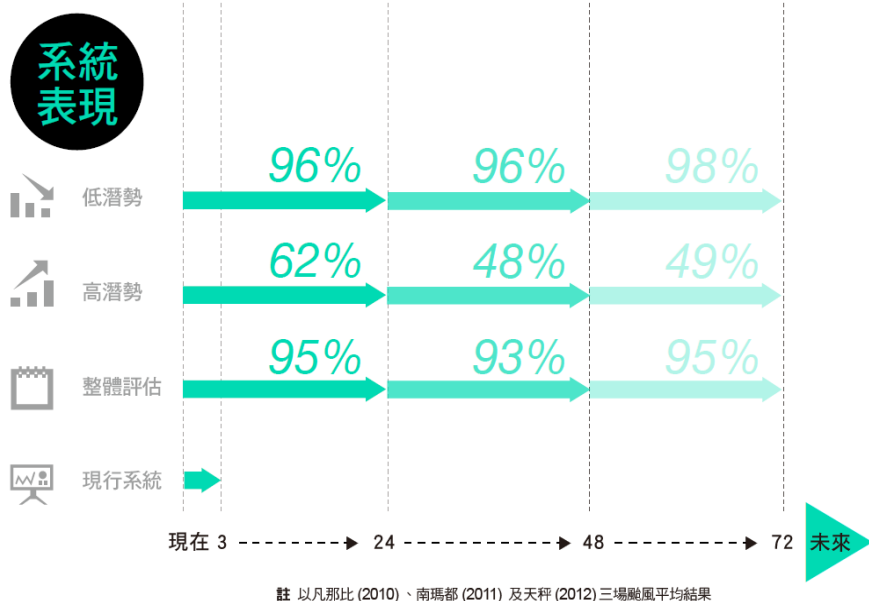


圖 8、國研天霖鈴淹水潛勢預判系統於三場歷史颱風（99 年凡那比颱風、100 年南瑪都颱風及 101 年天秤颱風）之測試結果。

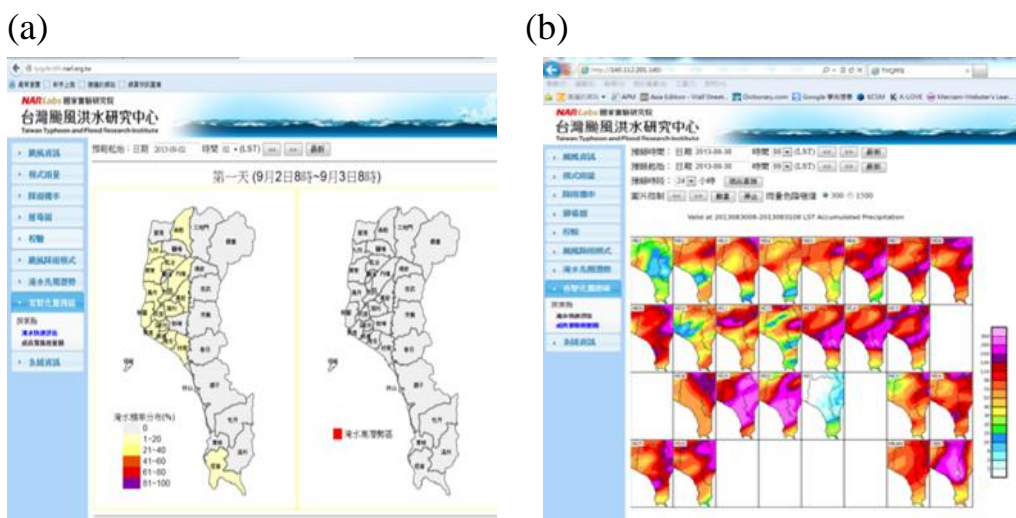


圖 9、(a)國研天霖鈴系統網頁展示與(b)客製化定量降雨系集實驗結果。

經過 102 年四場事件，包括西馬隆、潭美、康芮及天兔颱風之測試，除了系統網頁提供預判結果，颱洪中心也對屏東縣有影響的康芮與天兔颱風，寄送縣府相關使用人員共計 14 報的淹水預判結果。經

縣府防災應變中心使用反應，本系統平均準確率可達 80 % 以上。未來颱風中心將與屏東縣政府持續合作，收集 102 年屏東縣實際淹水資料後評估並改善系統能力，同時本系統也計畫在 103 年新增一至兩個應用測試縣市，未來除將繼續提供縣市政府及其協力單位颱風時期淹水機率的評估外，也可結合平台分享與行動科技，將資訊即時提供中央災害應變決策之參考，進而降低災害損失與人員傷亡。

第四章、試驗流域之水文觀測與設備維運

颱洪中心自民國 99 年開始，陸續分別於中港溪流域、烏溪流域及濁水溪流域建置 9 個水位站；民國 101 年分別於典寶溪流域及宜蘭河流域，建置 51 個高密度水文觀測站，進行流域與河川水文觀測，及後續資料檢核與分析工作，並將資料置於資料庫中供學界使用。所收集之檢核後資訊，可進行颱洪中心既有模式之校驗及測試，期能增加對此二易淹水區域之瞭解，及評估未來在此二區域所需增加觀測項目，以供學界針對此易淹水區特性進行模式開發。

各測站因應該站狀況、或因完成階段任務進行調整。西螺大橋水位站因橋梁維護、自治橋水位站拆除重建，相關設備置於中央大學之颱洪倉庫中，待橋況恢復後重新佈置。其中，中港溪橋水位站、三和大橋水位站及頭份大橋水位站，因已完成階段任務及配合宜蘭河試驗流域之建置及橋梁沖刷計畫做了調整，如表 2 所示。

表 2、中港溪流域測站之站址調整情形

原水位站		遷移後水位站	
中港溪	中港溪橋	宜蘭河	尚德橋
	三和大橋		茄冬林橋
	頭份大橋	濁水溪	名竹大橋

所建置之觀測設施需投入經費及人力進行定期設備維護、現場校驗工作，以維持設備之正常運作及確保資料品質。分別於 6 月及 12 月進行維護檢測，內容包括各站的耗材更換、各儀器讀值檢測、通訊檢測(包括通訊線路功能、數據機功能)；烏溪流域之水位站(大衛橋、大峰橋、西柳橋)之維護(探頭移至主深槽)。並於每月進行自記式設備資料的下載、即時測站的巡查及環境清潔，汛期(6 月至 10 月)間增至

每月兩次。

水文觀測站設置的主要目的在於提供長期觀測資料供各界運用，欲達成此目的除觀測系統的正常運作外，需以監控品質系統對資料進行檢測與處理，確保觀測資料的品質與可靠度。通常資料在經由觀測、編碼、通訊傳遞、接收解碼及儲存等複雜的過程中，可能因為儀器設備的故障、人為疏忽或是一些不明原因的干擾，造成極易誤導學術研究的結果，或造成工程應用上的設計錯誤等重大影響，故對資料進行檢測及品質管制有其必要性。

資料品質分為兩種，一種為自動品質、另一種則為人工品質。事實上資料品質規範有其區域性特性，本中心以合理性、連續性及關聯性三個原則來作自動品質的檢測。品質的項目分為水位、流速及雨量等項目。品質標準的更新制訂亦以上述項目為主，分為訂定各個觀測物理量的品質規範。資料品質流程架構如圖 9 的流程圖所示，首先進行合理性的檢驗後，接續連續性的檢驗，最後執行關聯性檢驗，如無法通過檢核的部份，由系統自動匯入 word 檔儲存並自動列印，以供品質管員得知進行人工品質進行確認。目前通過檢核之資料計超過 1800 萬筆。

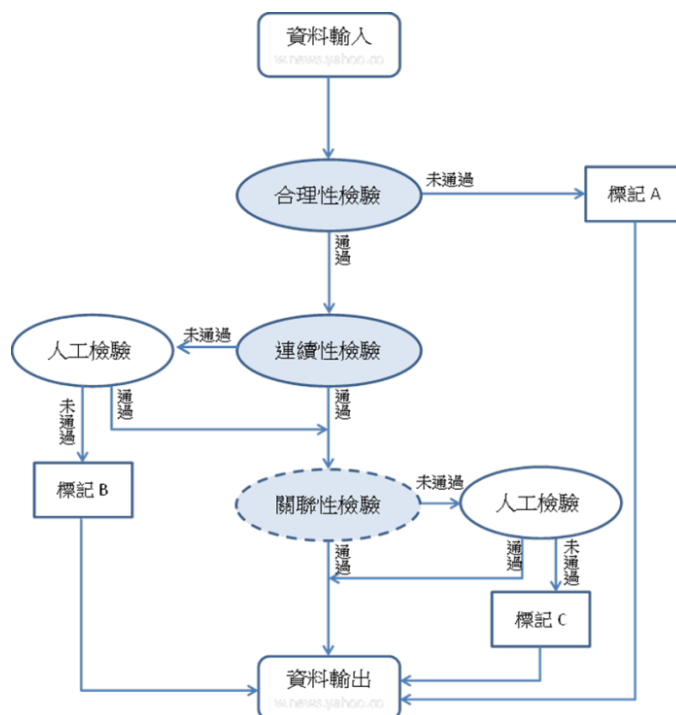


圖 9、資料品質管制流程

第五章、非接觸式河川流量觀測研究與應用

目前台灣河川水文量測項目主要為水位，為推求河川流量，部分測站則建有水位流量關係，即水位流量率定曲線。河川流量資料對於應用水文水理數值模式模擬時極其重要，若可獲得可靠度較高之流量觀測資料，則可提高水文模擬之精確度，同時也可提升水文水理模式之改善。

河川流量觀測包含水位及流速量測，台灣河川管理單位對於此兩種水文量之量測作業皆有規範。台灣地區目前河川水位量測大部份已經採用非接觸式之雷達波水位計，其特點為量測訊號不受環境改變影響。流速量測部分則計有三種量測方法：1) 普萊式或旋槳式流速儀；2) 浮標法；3) 手持式雷達波表面流速量測儀(或稱為雷達測速槍，簡稱 SVR)。以上流量觀測方式皆需以人工方式進行觀測作業，故需要大量人力。此外目前規範之觀測頻率低，不容易掌握完整洪水流量變化歷程，也不利於防洪預警。洪水通常發生於颱風期間，流量觀測作業人員則需暴露於風雨之中，對於人員安全產生極大之威脅，所以人工流量觀測作業已逐漸被非接觸自動化儀器取代。

本研究中河川流量推估程序如圖 10 所示。利用雷達波水位計測得之水面高程配合中山橋處大斷面量測結果，推求通水斷面積；主要係將微波雷達測得之河川表面流速，乘以給定之平均流速與表面流速比值，以推求河川平均流速；最後將平均流速與通水斷面積相乘而求得流量。然而，表面流速受水流速度與風吹影響，且平均流速計算結果亦受斷面流速分佈影響，故流量推估程序中平均-表面流速比受研究河段水理特性影響甚巨，造成量測斷面上之平均-表面流速比需配合實際河川流況給定；總之，不同量測位置具有不同平均-表面流速比。為使平均-表面流速比可符合測站實際河川水理特性，本研究重新建立中山橋之平均-表面流速比。

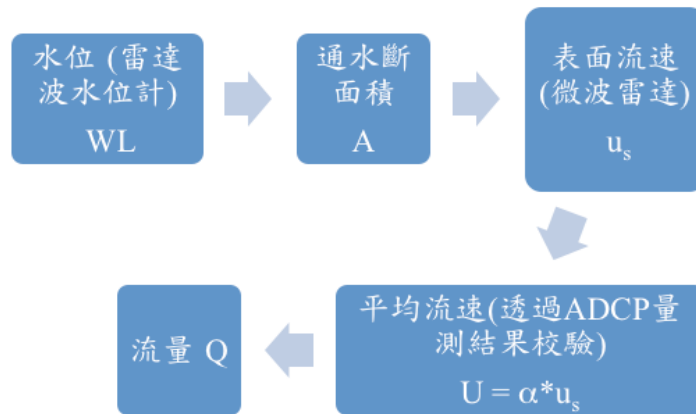


圖 10、利用量測水位及河川表面流速推估河川流量之程序。

目前試驗流域(宜蘭河與典寶溪)內共設有六處流速站，配合即時水位量測與斷面量測資料，可進行流量推估。為掌握洪水期間河川流量全時變化，以下以蘇拉颱風(2012 年 8 月)於宜蘭河中山橋(測站名稱為西門橋)為例進行流量觀測結果說明。

中山橋該斷面主深槽左右區域各設置微波雷達表面流速儀一座，利用水利署西門橋站(即為中山橋)水位資料與颱風中心中山橋站表面流速資料建立流量觀測方法。圖 11 中三角形為標示研究中設置微波雷達表面流速儀之位置，其量測位置位於主深槽中左右兩區域，以掌握彎道效應造成兩岸流速差異之特性。目前使用微波雷達表面流速儀之型號為 RG-30(Sommer, 奧地利)，其量測頻率為每 1 分鐘一次。除利用微波雷達表面流速儀量測河川表面流速外，亦利用聲波都卜勒流速剖面儀(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)進行河川流速剖面量測及計算流量，並利用觀測流量除以通水斷面積推求斷面平均流速。本研究所使用之 ADCP 為 SonTek 公司所生產的 RiverSurveyor M9，可量測最大流速為 20 m/s，可量測水深範圍為 0.2 ~ 80 m。



圖 11、蘭河中山橋附近河道狀況及微波雷達表面流速儀架設位置；右岸 sensor 1，左岸 sensor 2。

利用 ADCP 進行量測時間為 2012 年 8 月 6 日 (蘇拉颱風後)，且共有三個時間點，分別為 11 am、1 pm 及 5 pm。各時間點量測時之操作次數皆大於 10 次(趟)，並去除標準偏差大於 10 % 之量測流量值，以該時間點所有量測值之平均流量做為分析用，藉此降低不良量測值之影響。現場量測情況如圖 12 所示。表 3 列出不同時間點所測得之流量、水位及表面流速，其中包含利用大斷面量測資料進行通水斷面積推估並計算平均流速。此外，亦列出利用水位流量率定曲線所推估之流量結果。研究中利用 ADCP 量測流量時間為 2012/8/6，也就是蘇力颱風後，此時流量皆已明顯低於颱風期間之流量。施測時流量為 $24.23 \sim 26.36 \text{ m}^3/\text{s}$ 間，且平均三次量測之水位約為 4.67 m，平均流速約為 0.30 m/s，平均表面流速約為 0.52 m/s；而蘇力颱風期間最高水位為 7.08 m，最大平均表面流速為 2.41 m/s。綜合不同量測場次所得之平均-表面流速比之平均值為 0.59，然而由部分文獻可知平均-表面流速比隨著水深增加而增加。不過目前量測資料僅此三場，無法建立平均-表面流速比與水深之動態關係，因此本研究中僅使用固定平均-表面流速比。此外，量測時之水位遠低於颱風期間，因此為合理反應颱風期間較高速水流導致不同水層動量交換效率高，而使表面流速與平均流速較為接近之情況。研究中將量測所得之平均-表面流速比值增加 10%，也就是進行流量計算時之平均-表面流速比為 0.6。

流量推估部分，利用水利署公告之水位流量率定曲線所推求流量

與 ADCP 量測結果比較發現明顯低估。當水位為 4.66 m 時，以 ADCP 測得之流量為 24.23 m³/s，而以水位流量率定曲線所推估之流量僅 1.44 m³/s，其兩者流量差異高達 94 %。若以水位流量率定曲線所得流量推算斷面平均流速則為 0.017 m/s (表面流速約為 0.026 m/s)，但以現場流況粗略判斷表面流速明顯大於 0.026 m/s；也就是說以水位流量率定曲線所推估此流況(水位為 4.66 m，流量為 24.23 m³/s)之流量時將發生明顯低估。然而於其他流況時是否同樣發生低估情況則需進一步透過實際量測得知。圖 13 為宜蘭河中山橋於蘇拉颱風期間水位及流速監測與流量推估結果。圖 13(a)中顯示水位變化趨勢與流速大致相同，當水位上升與下降時，流速亦隨之增加與減少；惟於 45 小時附近流速發生較大幅度下降，但水位卻僅於此附近時間內上升速度趨緩。蘇拉颱風案例中最高水位為 7.08 m，其發生時間為 2012/8/2 7.10 am；最大表面流速為 2.41 m/s，其發生時間為 2012/8/2 5.50 am。圖 13(b)中顯示整體水位變化趨勢與流量歷程一致，而推求之最大流量為 429.10 m³/s，其發生時間為 2012 年 8 月 2 日上午 6 時 30 分。

表 3、ADCP 流量量測結果整理

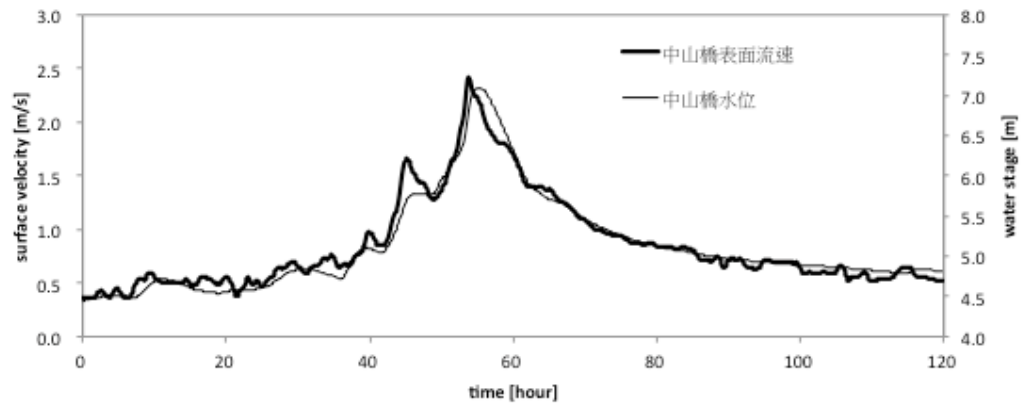
量測時間(2012/8/6)	11 am	1 pm	5 pm
流量(ADCP) [m ³ /s]	26.36	24.60	24.23
水位 [m]	4.68	4.67	4.66
通水斷面積 [m ²]	83.51	83.10	82.70
平均流速 [m/s]	0.32	0.30	0.29
平均表面流速 [m/s]	0.48	0.54	0.53
平均-表面流速比	0.65	0.55	0.56
流量(H-Q) [m ³ /s]	1.79	1.57	1.44



圖 12、聲波都卜勒流速剖面儀(RiverSurveyor M9)於宜蘭河中山橋操作情況。

為驗證本研究表面流速推估流量方法之可信度，參考第一河川局於 2012 年 8 月 2 日下午 2 時 20 分以普萊式流速儀之中山橋流量量測結果，其測得流量為 $101.01 \text{ m}^3/\text{s}$ ；利用本研究表面流速推估結果則為 $134.81 \text{ m}^3/\text{s}$ ，其差值為 25.07 %。然而第一河川局亦利用雷達測速槍 (SVR) 同步進行人工表面流速量測(採用平均-表面流速比 0.85)，其推估流量為 $136.10 \text{ m}^3/\text{s}$ ，與本研究表面流速推估結果之差值則為 0.96 %。以上比較說明本研究之流量推估方法可合理提供颱風期間流量資訊。

(a)



(b)

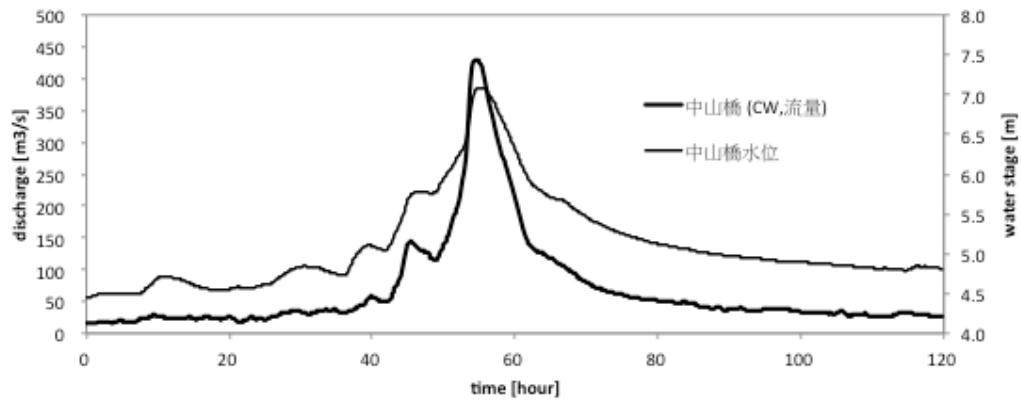


圖 13、宜蘭河中山橋於蘇拉颱風期間量測結果(2012 年 7 月 31 日~8 月 4 日)，(a)水位與表面流速及(b)水位與流量。

第六章、結論

- 配合宜蘭河試驗流域，本計畫已完成整合中、上游集水區降雨逕流模式 KW-GIUH、河道洪水演算模式及區域淹水模式 WASH123D，並利用所建置試驗流域之水文觀測資料，於宜蘭河流域進行水文模式測試。經 2012 年蘇拉及 2013 年蘇力兩場颱風案例測試後，皆能合理描述其水文事件及流域特性。本項工作更結合定量降雨預報資訊，發展結合定量降雨預報之系集水文模擬技術，並建構一整合性平台，可進行試驗流域展示及提供水位預報資訊，產出成果提供相關單位參考與應用。
- 本計畫結合氣象局、水利署、營建署、台灣大學、中央大學、師範大學、文化大學及屏東科技大學等院外相關單位成果與技術能量，研發前瞻性水文模式，以統計理論為基礎發展之「國研天霖鈴-淹水潛勢預判系統」，納入當地特性以預判未來 1~3 天各鄉鎮市的淹水機率。系統已建置完成，並於 102 年在屏東縣進行實際測試與應用。經過四場事件，包括西馬隆、潭美、康芮及天兔颱風之測試，縣府相關使用人員意見反應系統平均準確率達 80% 以上。本系統將與屏東縣政府持續合作，收集 102 年屏東縣實際淹水資料以改善系統評估能力，同時本系統也計畫在 103 年新增一至二縣市，利用系統評估結果協助地方災害應變決策，降低災害損失與人員傷亡。
- 試驗流域觀測設施分別於 6 月及 12 月進行維護檢測，內容包括：各站的耗材更換、各儀器讀值檢測、通訊檢測(包括：通訊線路功能、數據機功能)、及烏河流域水位站(包括：大衛橋、大峰橋、西柳橋)之探頭移至主深槽維護。同時於每月進行自記式設備資料下載、即時測站巡查及環境清潔，且於汛期(6 月至 10 月)間增至每月兩次。另擬定資料品管流程架構，進行合理性的檢驗，由系統自動匯入 word 檔儲存並自動列印，以供品管員進行品管確認。截至目前為止，通過檢核之資料總計超過 1800 萬筆。
- 本計畫已利用聲波都卜勒流速剖面儀(ADCP)於試驗流域內之六處流速站進行 40 場次之流量量測作業；宜蘭河流域主要為蘇力

颱風及潭美颱風；典寶溪排水集水區主要為康芮颱風及天兔颱風。
宜蘭河流域主要量測位置為中山橋及員山大橋；典寶溪排水集水區主要量測位置為燕鳳橋、聖興橋及五里林橋。