

# 洪水系集預報系統技術研發

## Development of technology for Flood Ensemble Prediction System

主管單位：財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

連和政	吳祥禎	許至璉	李明龍
Lien, Ho-Cheng	Wu, Shiang-Jen	Hsu, Chih-Tsung	Li, Ming-Lung

### 摘要

本計畫導入系集預報概念，以FEWS\_Taiwan平台為基礎，開發洪水系集預報系統（Flood Ensemble Prediction System，簡稱FEPS），以跨領域整合氣象、水文、水理、暴潮等預報模式；並採用XML資訊整合技術，即時彙整各中心的觀測資料，以提供預報模式邊界條件。在模式銜接模組開發方面，將發展通用模式介接（General Adapter）整合技術，將各種預報模式，整合於FEPS平台上，並透過自動化預報程序，可以縮短預報的前置資料作業時間。最後，透過導入雲端架構，考量系統快速彈性的擴充性及配合多項雲端運算技術，可加速水文資料及預報技術之整合與服務。

**關鍵詞：**系集預報、洪水模擬、整合平台、雲端計算

### Abstract

The purpose of this project is to develop the Flood Ensemble Prediction System (FEPS) based on FEWS\_Taiwan platform. FEPS can integrate different fields such as meteorology, hydrology, hydraulics and storm surge. The real-time observation data can be imported into FEPS by XML technology of information integration to provide the boundary conditions for prediction models. For the model adapter, the general adapter is developed to put any kind of models on FEPS platform. Furthermore, the time of pre-process of operation can be reduced by automatic prediction procedure. Finally, the cloud computing is introduced to make more extensibility and more flexibility for FEPS. Therefore, FEPS can provide more services for the integration of hydrological data and prediction models.

**Keywords :** Ensemble Prediction, Flood simulation, Integrated Platform, Cloud Computing

## 一、前言

從民國93年起，由水利署、交大防災中心、北科大土木系及國家高速網路與計算中心組成團隊，與荷蘭Deltares研究中心（前身為Delft Hydraulics水利研究中心）合作發展適合台灣流域的即時洪水預報系統平台FEWS\_Taiwan，如今也已有近10年的發展了[1-4]。

當颱風來襲時，FEWS\_Taiwan可以協助署水利防災中心，提供鄉鎮市、水位站上游集水區及水庫集水區之1~24小時累積觀測雨量與1~12小時累積預報雨量，以及未來1~6小時25條中央管河川的水位預報。如此一來，一方面可以協助水情預警資訊的提供，另一方面亦可驗證FEWS\_Taiwan平台的穩定度與整體水文預報品質的可靠度。因此，即時一維河川水位預報模擬已經成功應用於颱風水情預警作業上。

如今即時一維河川水位預報模擬透過FEWS\_Taiwan平台，可以縮短預報作業的準備時間，以及提供自動化的預報作業流程。因此本研究將利用FEWS\_Taiwan架構的延展性，導入系集預報概念，發展洪水系集預報系統（Flood Ensemble Prediction System，簡稱FEPS）

FEPS之架設與維護，係採用XML先進的資訊整合技術，即時彙整各中心的氣象、水位、流量及潮位等觀測資料，以提供水文預報模式的邊界條件。其次，在水文模式銜接模組開發方面，將發展general adapter整合技術，銜接各種水文預報模式，整合於FEPS平台上。最後，透過導入雲端架構，考量系統快速彈性的擴充性及配合多項雲端運算技術，可加速水文資料及預報技術之整合與服務。本計畫所完成的洪水系集預報系統技術，將有助於國研院各中心研發成果的整合。

## 二、FEWS\_\_Taiwan 平台簡介

FEWS\_\_Taiwan平台是一完全由Java開發的平台，其系統環境可以由XML設定建置，提供比之應用程式更高層級的整合彈性，使開發者可以專注於區域水理模式的研究、開發，而不需要擔心與國外或是其他團隊模式的整合問題。若以電腦組成為例，FEWS就像是主機板，各種水理模式就像是處理器，使用者可以很有彈性地抽換想要用的模式。[1]

FEWS\_\_Taiwan 平台的模組架構圖如圖 1 所示：

1. 資料庫模組(Database module)：負責整合所有整類的資料，如時序資料、空間格網資料，並控制 FEWS 中的資料流程。
2. 匯入模組(Import module)：可讀取線上遠端資料庫即時的氣象雨水文資料，並且有處理時間序列資料的能力。
3. 驗證模組(Validation module)：由於匯入的資料在進行預報工作前必須經過非常小心的驗證，而驗證模組有能力檢查大量資料中的不合理值或離群值。
4. 內插模組(Interpolation module)：提供空間內插的方式產生新資料，用以補遺缺少的資料，確保氣象與水文資料的連續性。
5. 模式包裝模組(Model wrappers)：具有包裝水文水理模式的能力，讓 FEWS 可以整合各種模式。

6. 圖形模組(Graphic module)：可將數據資料以圖形化來呈現，如折線圖、柱狀圖等。
7. 報告模組(Report module)：可讓使用者自訂輸出報表資料的格式。
8. 使用者介面(User Interface)：幫助使用者完成各種預報前的準備工作，採用親切易懂的圖形與地圖顯示方式，降低操作 FEWS\_Taiwan 的使用門檻。

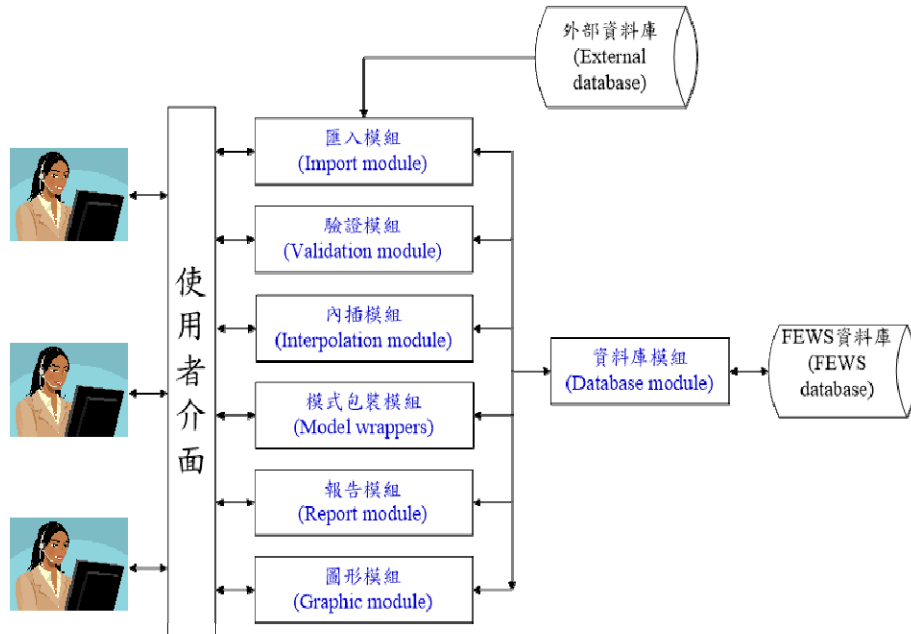


圖 1 FEWS\_Taiwan 平台架構圖

### 三、Sobek 模式簡介

Sobek 是由荷蘭Deltares研究中心所發展，為一套整合了流域、區域排水、都市排水系統之洪水預報模式。目前國網中心電腦機房的Sobek伺服器，共安裝20套的網路授權，因此可以透過網路連線，取得啟動數值模擬的授權。

Sobek模式之一維水理模式，所採用之控制方程為：

$$\text{質量方程式} \quad \frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q_{lat} \quad (1)$$

動量方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{Q^2}{A_f} \right) + gA_f \frac{\partial h}{\partial s} + \frac{gQ|Q|}{C^2 R A_f} - B \frac{\tau_w}{\rho} = 0 \quad (2)$$

式中， $Q$ =流量； $g$ =重力加速度； $t$ =時間； $s$ =沿流動方向之空間座標； $h$ =水位； $R$ =水力半徑； $q_{lat}$ =側入流量； $A_f$ =濕周面積； $C$ =Chezy 係數； $B$ =河流寬度； $\tau_w$ =風剪力； $\rho$ =水密度。

過去有許多人對於Sobek模式的使用印象，多數認為Sobek模式在淹水模擬的表

現有計算時間過久的情形，經過本團隊的研究發現，其實Sobek模式針對數值收斂有嚴格的要求，所以Sobek模式會自動調整時間間距的大小，以滿足數值穩定度的要求。因此，當模擬區域會產生較大誤差時，Sobek模式會自動縮小時間間距，最後導致整體演算時間過久。然而這問題的發生，大多數為Sobek模式之基本資料處理不完整所致。

#### 四、模式整合之資料介接技術研發及示範流域案例實作

由於預報模式執行運算時，需要邊界條件資料，以及模式執行完畢會產生模擬結果的檔案，本計畫將透過XML Format作為FEPS平台輸出資料串接與轉換的標準格式，平台整合概念如圖2所示。本計畫將以示範流域為例，實作模式整合之資料介接技術。已完成完成1條示範流域（蘭陽溪流域）之介接資料輸出，作為預報模式之邊界條件。



圖 2 洪水系集預報平台整合概念圖

以2013年7月12~13日蘇力颱風為例，在蘭陽溪流域的牛鬥橋，整合集水區上游的定量雷達降水資料QPESUMS及氣象局雨量站等降雨資訊，最後在FEPS平台上經由時間與空間內差，求得組合後集水區平均降雨量組體圖，如圖3所示。綠色降雨組體圖為QPESUMS資料，紅色降雨組體圖為氣象局雨量站資料，藍色降雨組體圖最後上述兩種資料組合後的成果。

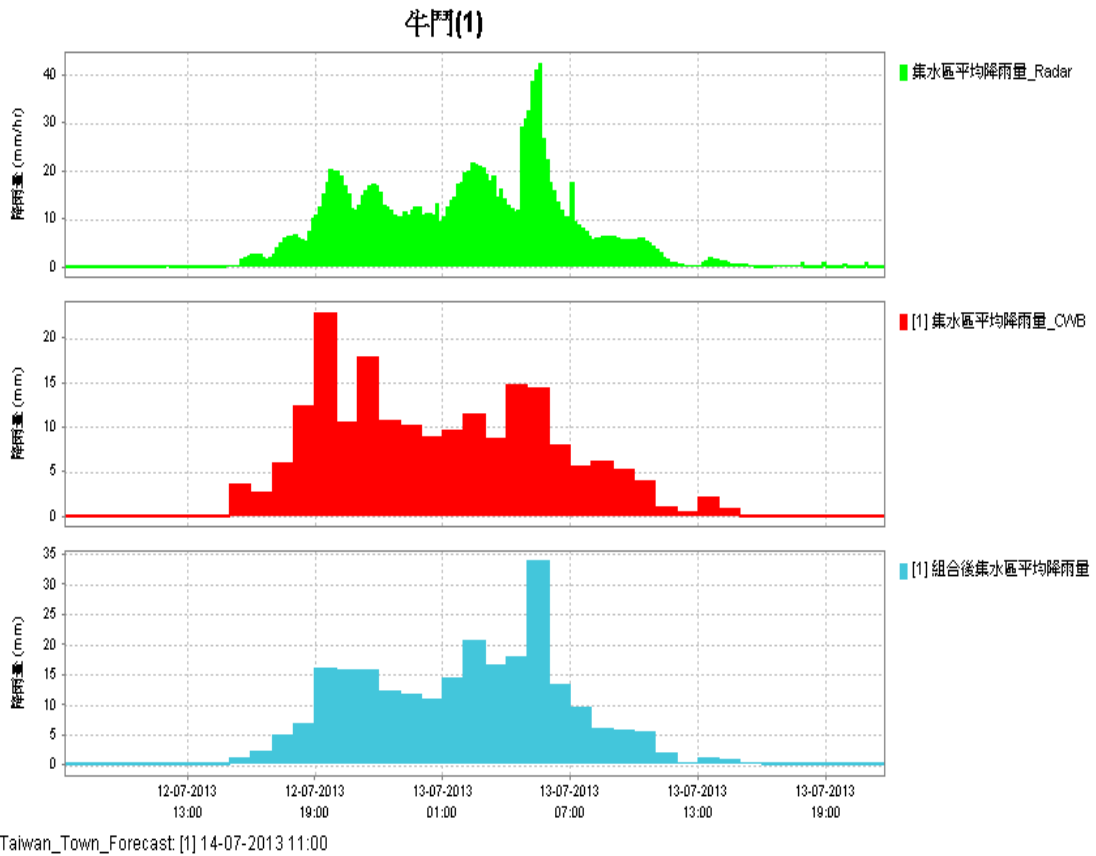


圖 3 蘭陽溪流域的牛鬥橋組合後集水區平均降雨量組體圖

降雨組體圖為集水區逕流模式的上游邊界條件，透過逕流模式的演算，可以將雨量落在集水區上游的資訊，轉換成集水區上游的出流量歷線，以2007年10月4日～8日柯羅莎颱風為例，可以建立蘭陽溪牛鬥橋站觀測流量與逕流模式計算流量的比較，如圖4所示。牛鬥橋上游集水區觀測之總降雨量為627.5mm及洪峰流量為1727.9cms。

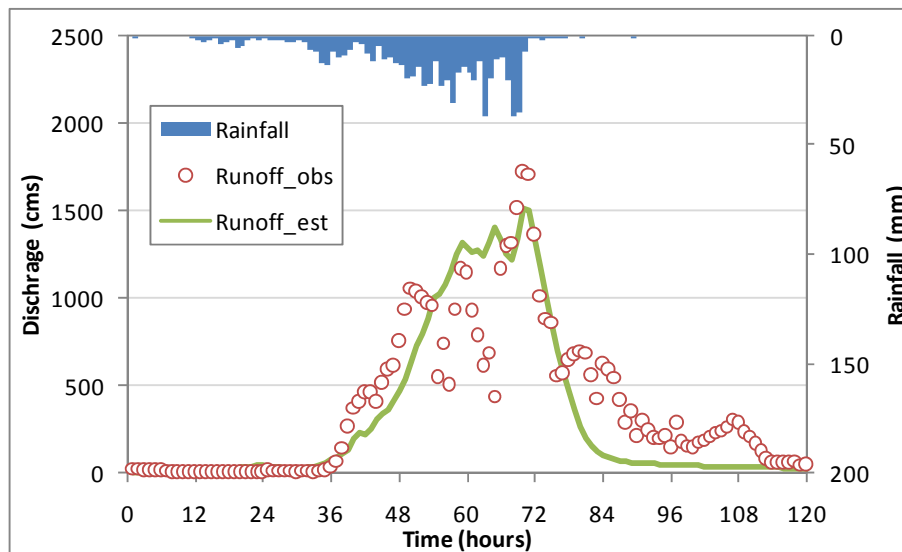


圖 4 蘭陽溪流域的牛鬥橋觀測流量與逕流模式計算流量比較圖

## 五、預報模式與平台銜接技術研發及示範流域案例實作

由於FEPS平台所提供外部模式的輸入、輸出資料為XML Format，然而外部模式真正的輸入、輸出資料為Native Format，這當中需要分別發展前處理Pre Adapter及後處理Post Adapter，作為預報模式與平台銜接的資料轉換器，圖5為外部模式銜接流程圖。本計畫以蘭陽溪及宜蘭河為示範流域，實作預報模式與平台之銜接技術，圖6為蘭陽溪流域SOBEK模式銜接之XML檔案成果圖。

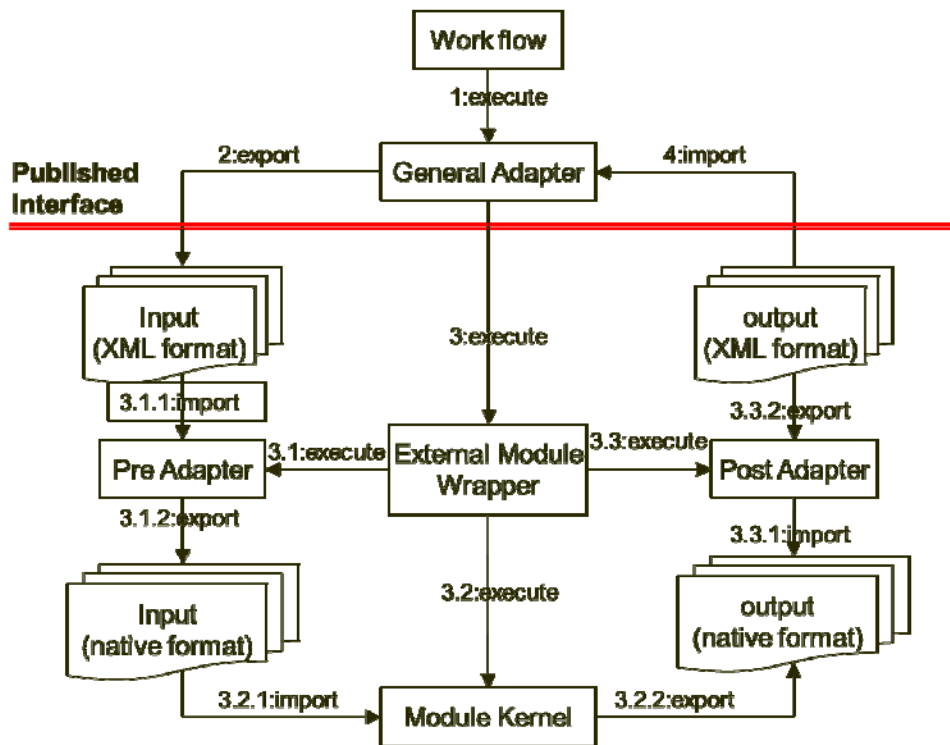


圖 5 為 FEPS 平台外部模式銜接流程圖

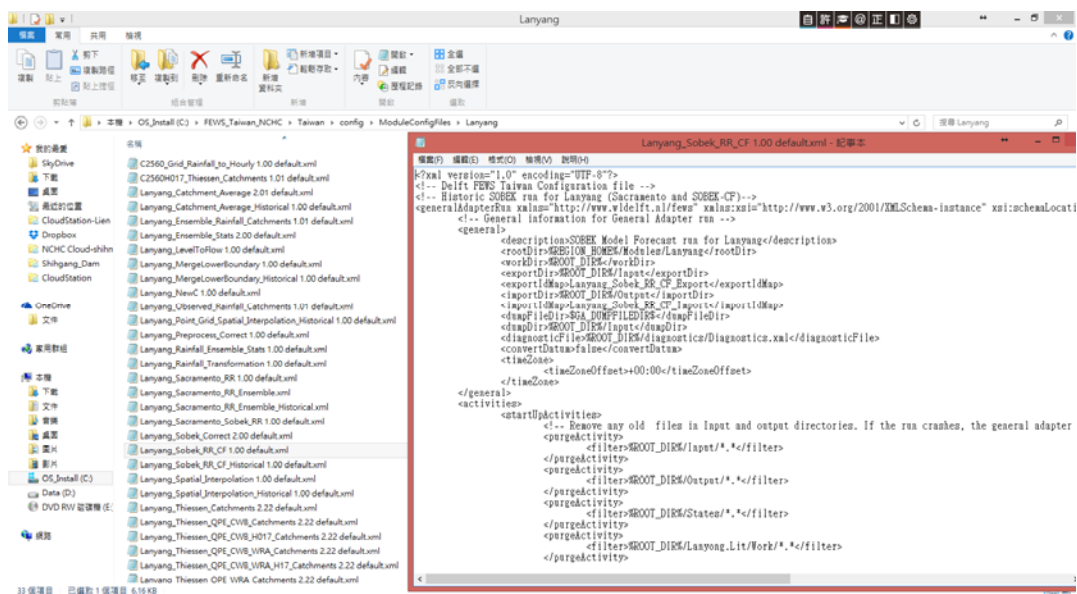


圖 6 為蘭陽溪流域 SOBEK 模式銜接之 XML 檔案



以蘭陽溪葫蘆堵大橋及宜蘭河噶瑪蘭橋為例，相關位置如圖7所示。已完成2012年7月30日8月~3日蘇力颱風的水位預報計算，在蘭陽溪葫蘆堵大橋的最高水位標高約17.0公尺，最大流量約7500cms，在宜蘭河噶瑪蘭橋的最高水位標高約3.4公尺，最大流量約900cms，圖8為蘭陽溪葫蘆堵大橋及宜蘭河噶瑪蘭橋計算水位變化圖。



圖 7 蘭陽溪葫蘆堵大橋及宜蘭河噶瑪蘭橋位置圖

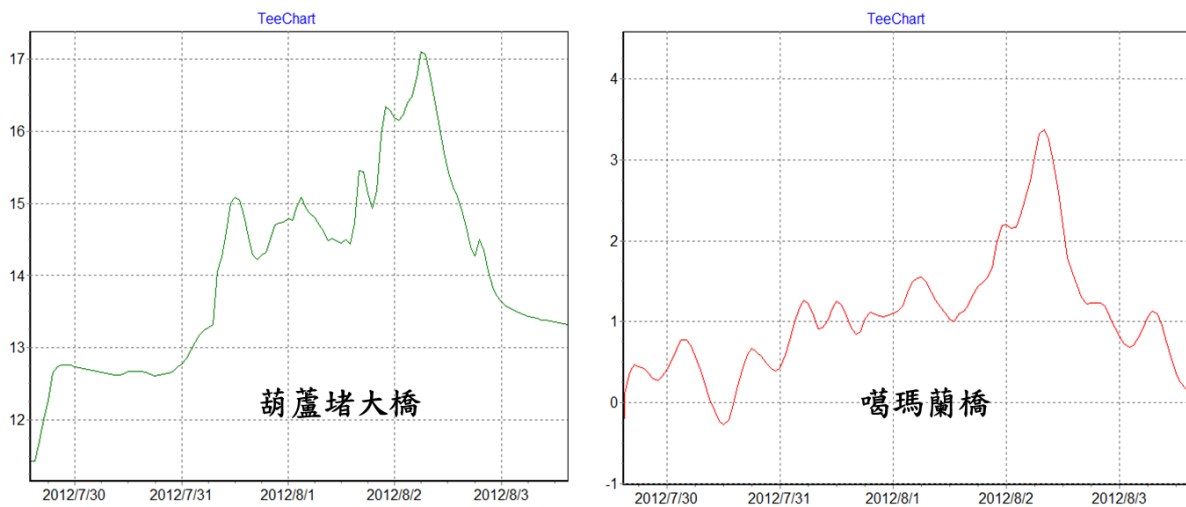
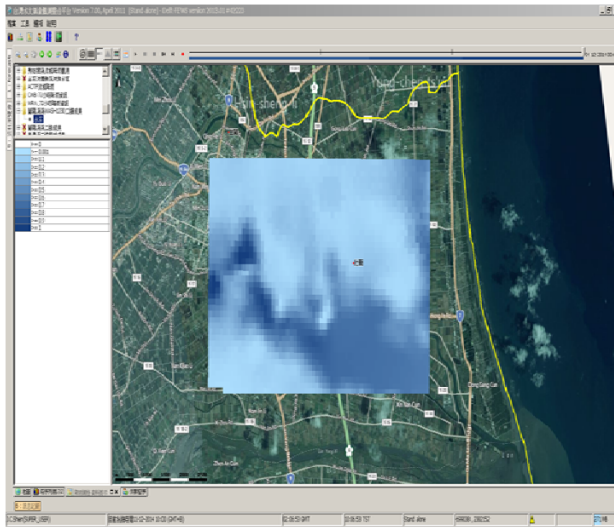
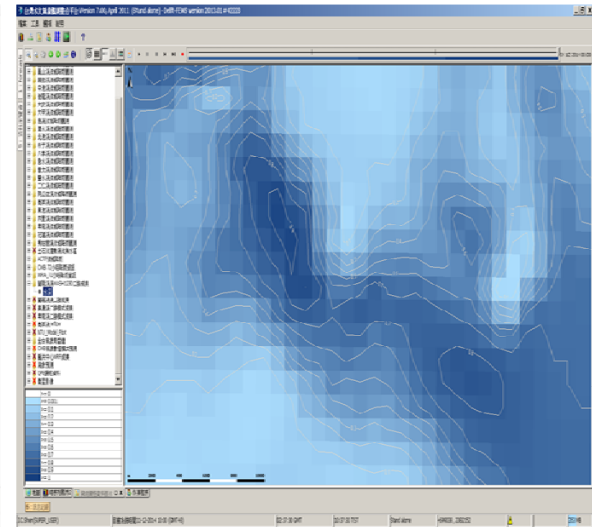


圖 8 蘭陽溪葫蘆堵大橋及宜蘭河噶瑪蘭橋計算水位變化圖

此外在WASH123D模式的銜接工作上，已經完成20個預報成果，與FEPS平台銜接，可以在宜蘭河流域中山橋、黎霧橋及壯圍大橋，每日00:30、06:30、12:30、18:30輸出水位計算成果。還有在WASH123D模式淹水模擬的銜接，以蘭陽溪及宜蘭河的美福區排為例，以ESRI asc grid 格式進行交換，可以在FEPS平台展示二維淹水成果，如圖9所示。



宜蘭美福區排淹水模擬



壯圍地區淹水等高線圖

圖 9 WASH123D 美福區排淹水模擬成果在 FEPS 平台展示

## 六、資料介接技術研發及示範流域案例實作

透過雲端架構的導入，可以強化整體系統的運作。由於雲端架構上，在實體主機採用虛擬平台建立伺服器叢集，當實體主機發生故障時，虛擬化平台可以支援虛擬主機即時故障轉移(Fail Over)，使位於實體主機上之虛擬主機，能夠立即轉移至另一個實體主機上，以達到不間斷維持正常運作。虛擬化平台可以能夠直接安裝於實體主機上，而不需安裝任何作業系統，圖10 為雲端高速計算架構圖。本計畫已完成雲端架構之導入與測試，圖11 為儲存伺服器災難復原管理成果圖。

以Windows Server 2012 Datacenter建置HYPER-V 3.0的虛擬主機環境，由2台 IBM X3650 M4主機分別安裝2012 Datacenter，以及設定安裝IBM DS3512 Storage儲存主機管理程式以提供高容量磁碟，然後可依據使用需求提供虛擬主機。

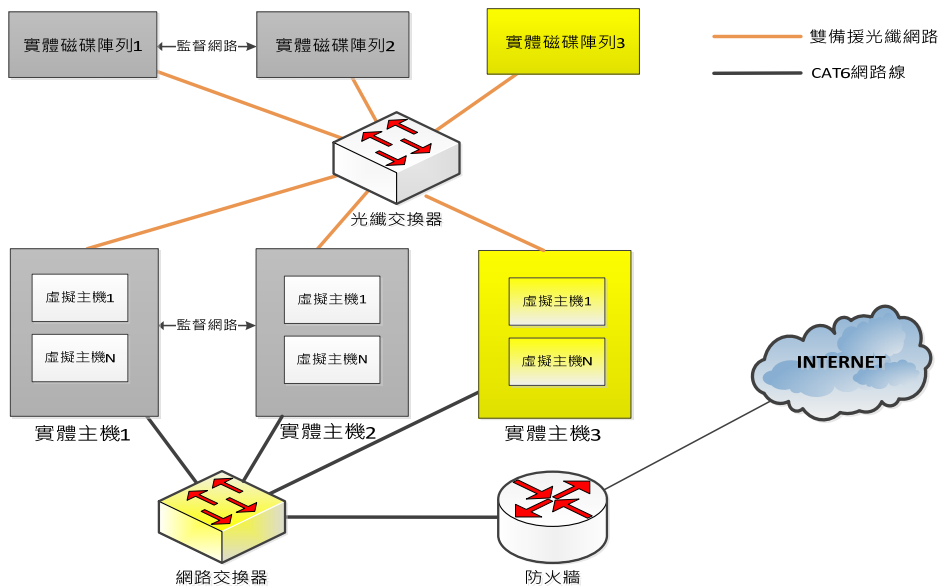


圖 10 雲端高速計算架構圖



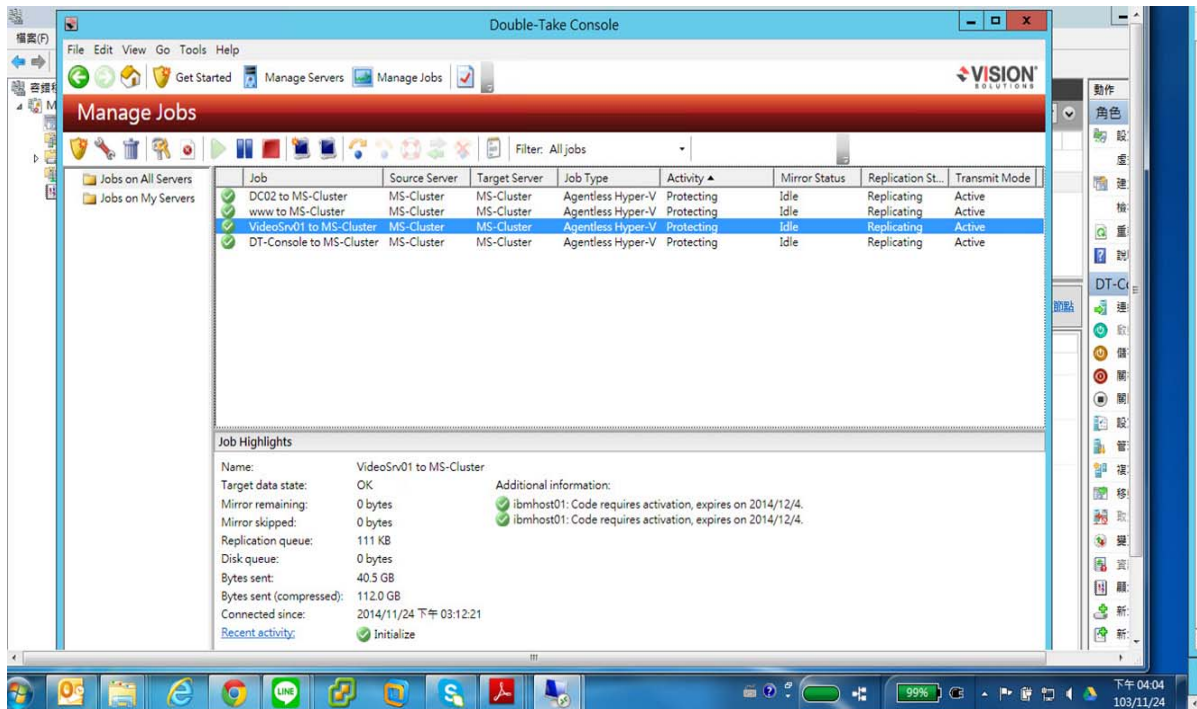


圖 11 儲存伺服器災難復原管理成果圖

## 七、結論與建議

洪水系集預報平台以FEWS\_\_Taiwan平台為基礎，實現了Sobek模式及WASH1123D模式之多模式整合平台架構。以蘭陽河流域為示範流域，實作模式整合之資料介接技術，以雨量資料作為逕流模式之邊界條件，並且透過Sobek模式推求河川水位變化。再者透過雲端架構的導入，可以強化整體系統的運作。當實體主機發生故障時，虛擬化平台可以支援虛擬主機即時故障轉移(Fail Over)，使位於實體主機上之虛擬主機，能夠立即轉移至另一個實體主機上，以達系統不間斷並維持正常運作。

為了縮短模式的計算時間，建議後續可將圖形處理單元 (GPU)高速計算技術導入數值模式的研發，可同時發揮高速計算的效益。

## 參考文獻

1. 國家高速網路與計算中心，「水文氣象觀測整合平台擴充建置計畫 (1/2)」，經濟部水利署委託計畫，民國 96 年 12 月。
2. 國家高速網路與計算中心，「水文氣象觀測整合平台擴充建置計畫 (2/2)」，經濟部水利署委託計畫，民國 98 年 6 月。
3. 國立台北科技大學，「海象資訊及多模式庫整合於水文氣象觀測整合平台之應用研究(1/2)」，經濟部水利署委託計畫，民國 99 年 6 月。
4. 國立台北科技大學，「海象資訊及多模式庫整合於水文氣象觀測整合平台之應用研究(2/2)」，經濟部水利署委託計畫，民國 100 年 6 月。