

應用氣象局STMAS-WRF預報降雨於洪水預報作業流程之評估

沈志全¹ 陳柏愷¹ 張哲豪¹ 謝孟益² 黃葳芃³ 王溫和³
土木工程系¹ 水文技術組² 氣象衛星中心³
國立臺北科技大學 經濟部水利署 交通部中央氣象局

摘要

在103年度水利署利用氣象局ARPS(Advanced Regional Prediction System)預報降雨量進行洪水預報作業流程的測試，在ARPS預報降雨成果較QPESUMS產品中的QPF效果為佳，但ARPS所需計算時間較長且預報長度較短。無法有效納入預報作業流程。因此考量預報作業時效性與流程，在104年度水利署利用FEWS_Taiwan平台針對氣象局STMAS-WRF預報降雨量進行洪水預報作業流程的評估。本文將針對STMAS-WRF預報降雨由氣象預報產品轉換為水利單位可以用的降雨資料過程中所需處理的檔案供應、檔案格式、坐標投影系統、空間與時間解析度、預報頻率、預報長度等內容進行說明。同時應用實際降雨量案例與預報降雨成果搭配水文及水理模式進行預報模擬之數值成果的評比。以作為後續納入水利署洪水預報作業流程之參考。而過程中所探討之水利模式對於氣象預報產品的資料需求也可作為後續氣象預報產品發展之參考。

關鍵字：STMAS-WRF, FEWS_Taiwan、洪水預報、水文水理模式

一、前言

氣象局與水利署在水文氣象資料內容與產品上有長期的合作。而氣象產品供應前，如何透過完整與標準作業程序讓氣象單位發展成果有效應用於水利署的相關作業流程中。本研究主要延續前一年度應用「先進區域預報系統」(Advanced Regional Prediction System, ARPS)預報降雨資料成果(沈志全等,2014)銜接流程進行STMAS-WRF預報資料的評估。由於原先ARPS模式在預報準確度較QPESUMS提供的3小時預報成果為佳，但由於預報所需之計算時間與長度無法有效滿足後續水位預報作業流程的應用。

因此水利署配合氣象局預報產品發展時程，於本年度進行應用氣象局發展的極短期預報STMAS-WRF模式於水利署洪水預報作業流程之測試與評估工作。同時參考NOAA在將研究成果進行作業化應用流程(Jedlovec, 2013)，持續將水利署應用成果回饋給氣象局，而氣象研究成果供應流程如圖1所示。

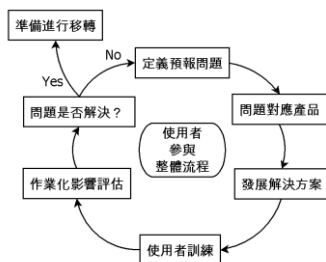


圖1 完整之氣象研究成果供應流程

二、水利署洪水預報作業流程

2.1 需求與應用

目前水利署在洪水預報作業流程可以分為兩個方式進行，分別為水利署各河川局在颱風豪雨期間成立之應變中心進行洪水預報程序與在水利署內進行之洪水預報作業流程。而不論在河川局(地方)或水利署(中央)進行洪水預報作業流程。在資料處理的作業流程為取得完整的水文氣象觀測與預報資料內容，後搭配水文或水理模式進行演算；將未來24~48小時之水位預報計算結果提供給決策與分析人員，進行應變流程的處置行為。如圖2所示，為水利單位進行洪水預報作業流程中所需的資料來源與資料傳遞流程。

此外氣象資料在水利防災的應用上災害管理中減災、整備、應變、復原等四大議題，在。主要著重於災前的整備與災中的應變程序中。在颱風豪雨期間若可以提早獲得流域內可能之降雨時間與空間分布資訊，將有助於工程師進一步提早評估後續可能發生之水情變化情況。表1為利用世界氣象組織WMO定義之預報長度對應水利災害應變流程之應用內容。在颱風豪雨來臨前與應變過程中透過不同預報產品內容的組合與應用將有助於應變過程中對於災害風險的評估工作。而水利單位在不同應變作業需求對於降雨量需求分別為單站降雨量、水位站上游集水區降雨量、水庫集水區降雨量、各流域子集

水區降雨量等資訊；應用於鄉鎮淹水警戒雨量、洪水預報模式、水文預報模式中。

表1 水利單位對於預報降雨模式的需求與應用

類型	預報時間長度	應用
長期	30天~2年	長期水資源規劃與調度
中期	72hr~240 hr	災前整備
短期	12hr~72hr	災害應變、災後復原
極短期	0~12hr	災害應變：救災、搶險

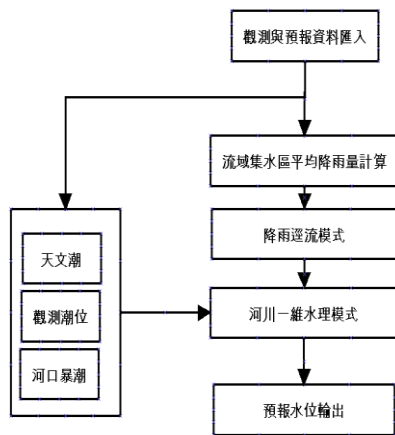


圖2 洪水預報作業流程

2.2 資料來源與檔案交換標準

在進行洪水預報作業時，集水區降雨資訊的推估程序中需要進行集水區降雨資料來源的組合，以作為模式上游邊界條件資料來源。而在進行降雨量資料組合之來源，可以區分為觀測資料與預報資料。在觀測資料內容包含氣象局與水利署雨量站、QPESUMS 雷達降雨。在預報降雨量來源包含QPESUMS 1-3小時預報、WRF預報降雨量、WRF系集預報降雨WEPS 與海上颱風警報發布後的ETQPFS等預報降雨量。而STMAS-WRF模式為介於QPESUMS 1小時預報與WRF數值模式之間的極短期預報模式。如圖3所示為颱風時期與非颱風時間降雨量組合方法。在洪水預報作業的資料需求除了降雨量資料外，還包含，水庫放流量、河川水位、潮位（觀測潮位、暴潮、天文潮）資訊等內容。

由於不同預報模式，在檔案格式、時間間距、投影及坐標系統、檔案供應方式均可能有所不同。為了讓洪水預報模式可順利完成運算模擬及前、後處理工作，因此相關的資料來源與檔案交換格式需要建置在共同的資料標準(NOAA, 2007)。因此在模式使用的時序列資料交換與供應上，採用Delft-Fews Published Interface界面作為資料及模式時序列資料交換的方式(Werner et al. 2013)。

在降雨資料來源上將不同預報降雨模式轉換成為相同的QPESUMS降雨網格，其網格解析度為

0.0125度。各流域可以透過相同空間解析度之降雨網格進行集水區平均降雨量計算，取得完整的降雨資訊。如圖4所示為不同預報模式之降雨網格，轉換成為與QPESUMS相同網格與流域集水區進行套疊。現有預報資料之資料供應格式與方法內容如表2所示。

表2 預報產品提供格式與供應內容

項目	內容
坐標系統	經緯度 (WGS84,GRS67) 二度分帶(TWD97,TWD67)
投影系統	蘭伯特, 橫麥卡托
時區	GMT+0, GMT+8
單位	mm, mm/hr
時間解析度	10min, 1hr, 3hr, 6hr, 1day
預報長度	3hr, 6hr, 12hr, 72hr
預報供應頻率	1hr, 3hr, 6hr
計算所需時間	30min, 1hr, 6hr
檔案格式	GRIB, netCDF, CSV, xml, Esri Ascii Grid
資料供應方式	DataBase, Webservice, OPeNDAP, FTP

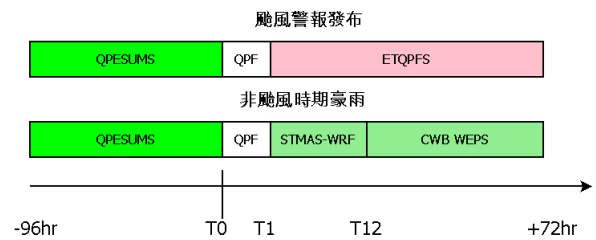


圖3 集水區降雨量組合方式

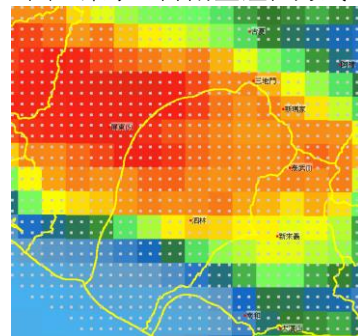


圖4 流域集水區QPESUMS網格對應示意

三、氣象局STMAS-WRF預報降雨模式

3.1 STMAS-WRF模式

STMAS_WRF模式為中央氣象局與美國海洋暨大氣總署 (NOAA) 地球系統實驗室全球系統組 (Earth System Research Laboratory / Global Systems Division; ESRL/GSD) 共同合作，所發展之台灣本土時間與空間多尺度分析系統 (Space and Time

Multiscale Analysis System; STMAS)，搭配氣象局WRF模式產生之預報模式。

而在STMAS資料分析系統特性在於其整合各項觀測資料，包括傳統地面觀測、高空觀測、飛機觀測、雷達觀測以及衛星等多項觀測資料，使模式初期運算即有降雨系統資訊存在，改善傳統氣象數值模式所需之初始模擬時間，並提高模式在極短期降水推估的合理性。目前氣象局透過STMAS分析方法，產生氣象數值模式的分析背景場及邊界初始條件，搭配WRF模式進行預報，以每格3公里x3公里，預報涵蓋範圍為1344公里x1344公里（其資料水平網格維度為448 x 448）。其預報頻率為每三小時1報，每次預報未來12小時。如圖5所示為STMAS-WRF模式網格範圍與ARPS模式網格範圍之套疊情況。STMAS-WRF模式網格較去年度ARPS模式涵蓋範圍大。而STMAS-WRF與ARPS模式資料比對表格如表3所示。

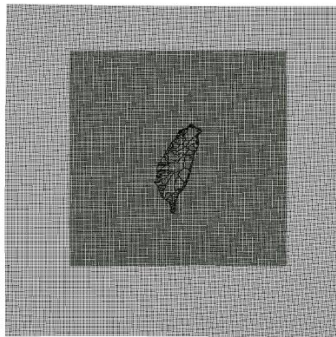


圖5 預報模式網格範圍比對

表3 預報模式對照資訊

模式名稱	STMAS-WRF	ARPS
空間解析度	3km	2.5km
維度	448 x 448	363x363
預報頻率	3小時	3小時
預報長度	12小時	4小時
檔案格式	Binary	Binary

3.2 模式資料取得與轉換

為了有效將預報資成果搭配水利署洪水預報作業流程，需要因此需要針對預報模式的檔案格式、資料供應方式、資料供應頻率、資料產出時間、資料預報長度、資料範圍、坐標投影系統。進行明確的對應工作。使得洪水預報作業程序可以在正確的時間取得所需的預報資料內容。

由於STMAS-WRF模式以網路資料夾供應，其檔案內容為Binary格式，使用之坐標投影系統為經緯度與蘭伯特投影，網格大小為3公里解析度。在處理過程中需要先將資料轉換成為可以讀取的檔案格式，轉換成為平面投影並將網格內插成為QPESUMS網格大小。以便進行集水區邊界範圍與網格套疊估作完成集水區平均降雨量計算。如圖6所示為STMAS-WRF模式供應網路資料夾。圖7為STMAS-WRF模式資料轉

換處理流程。圖8 將原始網格輸出為ESRI asci Grid格式內容。

檔名	副檔名
2015-02-07_00Z.0100.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0200.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0300.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0400.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0500.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0600.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0700.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0800.wrf	gz
2015-02-07_00Z.0900.wrf	gz
2015-02-07_00Z.1000.wrf	gz
2015-02-07_00Z.1100.wrf	gz
2015-02-07_00Z.1200.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0100.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0200.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0300.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0400.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0500.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0600.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0700.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0800.wrf	gz
2015-02-07_03Z.0900.wrf	gz
2015-02-07_03Z.1000.wrf	gz
2015-02-07_03Z.1100.wrf	gz
2015-02-07_03Z.1200.wrf	gz

圖6 STMAS-WRF模式輸出資料夾

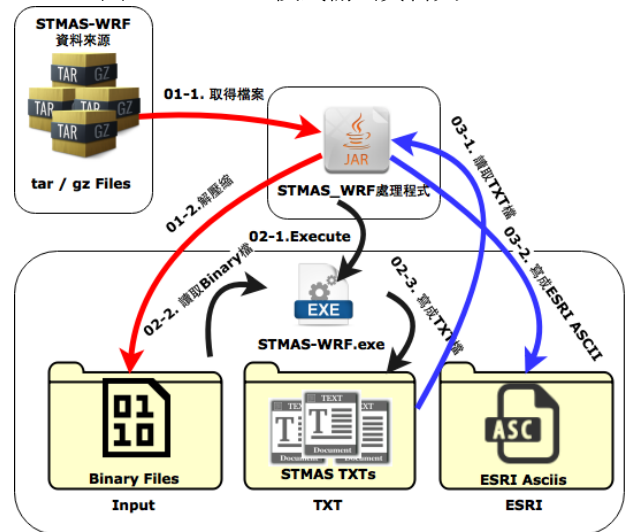


圖7 STMAS-WRF模式預報資料處理轉換流程

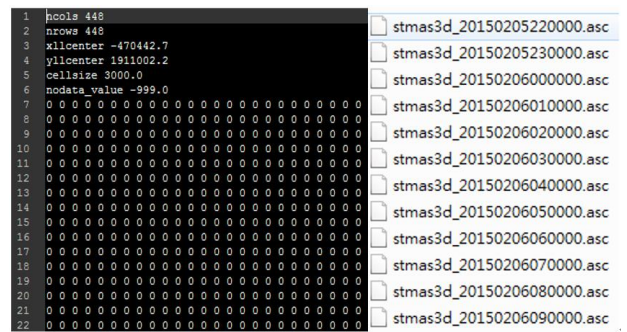


圖8 轉換完成之網格資料內容與格式

3.3 集水區平均降雨量計算

在完成預報模式資料格式轉換後，將資料匯入水利署FEWS_Taiwan平台，進行集水區平均降雨量的計算工作。透過作業流程之設定完成集水區降雨量空間內插與降雨組合流程。以作為模式輸入資料來源或相關經驗公式計算來源。如圖9所示為STMAS-WRF模式降雨網格展示。圖10 為STMAS-WRF網格與QPESUMS網格套疊之情形，綠色邊框為STMAS-WRF網格大小，灰色點為QPESUMS網格。以台灣流域面積前

10大河川如表4所示，QPESUMS網格之數量約為STMAS-WRF網格數量的5倍數量。

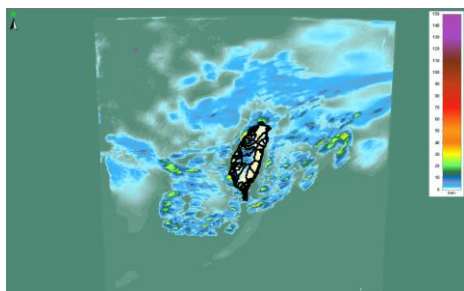


圖9 STMAS-WRF網格範圍

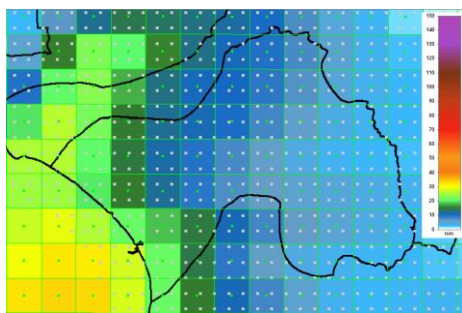


圖10 QPESUMS與STMAS-WRF網格比對

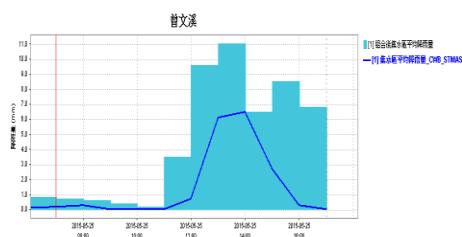


圖11 流域集水區平均降雨量成果比對

表3 各流域對應之網格數量

流域名稱	STMAS-WRF 網格點數	QPESUMS 網格點數	流域面積 (平方公里)
高屏溪	350	1874	3320.104
濁水溪	329	1801	3167.512
淡水河	286	1563	2733.912
烏溪	216	1166	2052.045
秀姑巒溪	190	1018	1795.904
花蓮溪	171	932	1643.31
卑南溪	168	905	1605.112
大甲溪	139	740	1309.227
曾文溪	128	707	1253.614
蘭陽溪	104	578	1015.014

3.4 預報成果比對

在預報成果比對之內容主要應用2015-05-23 07:00~2015-05-25 17:00 期間的預報資料內容進行

分析。在這期間全台139個水位站上游集水區內共有31個集水區使用QPESUMS進行平均降雨量，累積降雨量達到300mm，19個集水區達到400mm，3個集水區達到500mm。其中又以八掌溪流域降雨量所造成的水位變化最為明顯，共有四個水位站達到一級警戒水位如表4所示。圖12為八掌溪流域八掌溪橋水位與上游集水區降雨量資訊所示。檢視本次STMAS-WRF預報降雨量，發現在八掌溪流域強降雨時間段預報效過並不理想，在降雨料較小的區段預報降雨量有偏高的趨勢，如圖13~14所示。但若使用每次預報之前3小時預報成果組合之預報量降雨量在累積降雨量之差異約20%~30%。而對應累積降雨量較小的流域以淡水河流域為例，在本次預報準確度相對較高預報期間累積降雨量數值之準確性可達60%如圖15所示。而高屏溪流域在5月24日預報成果較實際降雨量偏高外，其餘時間預報累積降雨量準確性可達50%。就本文使用案例在STMAS-WRF預報應用於流域範圍與水位站上游集水區在強降雨的時間段，預報成果仍需進一步提升以獲得較佳之成果。以便有效整合於洪水預報作業流程中。

表4 超過一級警戒水位之水位站及上游集水區降雨資訊

測站名稱	測站編號	累積降雨量	最大降雨量
軍輝橋	1580H007	468.4	52.5
常盤橋	1580H008	364.8	61.5
八掌溪橋	1580H013	379.2	53.2
頭前溪橋	1580H015	302.5	57.4
青葉橋	1590H013	330	51.4
萬大大橋	1730H045	422.6	27.3

單位：mm

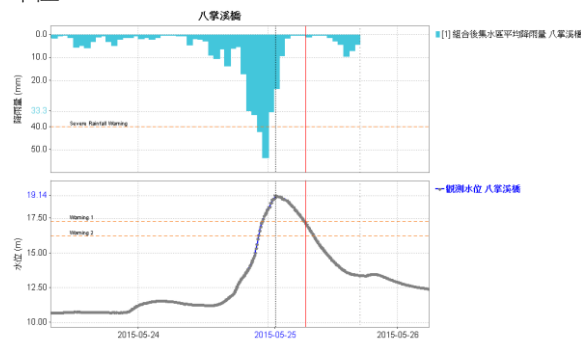


圖 12 八掌溪橋上游集水區降雨量對應之水位變化

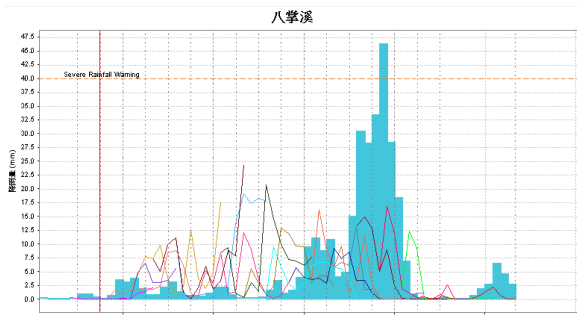


圖 13 八掌河流域降雨量與STMAS-WRF預報成果

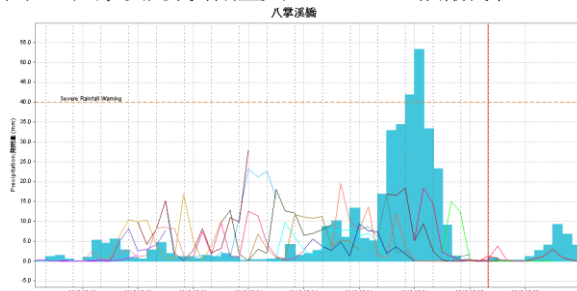


圖 14 八掌溪橋上游集水區STMAS-WRF預報成果

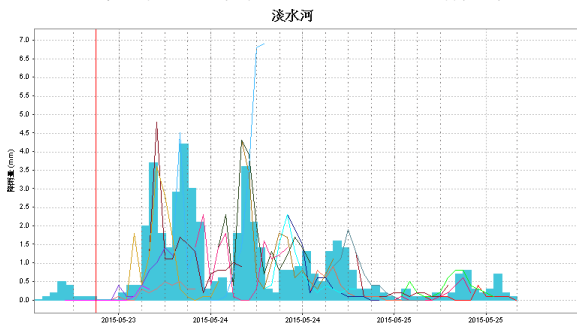


圖 15 淡水河流域STMAS-WRF預報成果

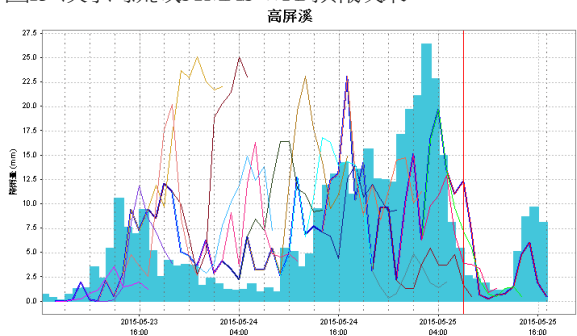


圖 16 高屏河流域STMAS-WRF預報成果

四、結論與建議

前述成果主要完成氣象局發展之STMAS-WRF模式預報成果之銜接工作，並且初步完成單一豪雨事件的資料比對。並且將資料應用於水利單位經常使用之集水區範圍進行降雨量數值成果比對工作。初步發現在雨量較小之流域預報成果較為理想。但在累積降雨量較大流域出現實際降雨量較小時間段預報成果有高估的現象，但實際降雨量較大時預報降雨量有低估之狀況出現。後續將持續針對不同場事件進行流域

集水區降雨量之成果比對。並且測試各流域之子集水區範圍之預報成果。並且將相關分析與評估成果持續與氣象局同仁進行討論。使氣象局STMAS-WRF預報產品的成果可以有效應用於水利單位之洪水預報作業流程中。

在資料與模式的銜接過程中，將持續推動多資料來源與多模式的結合。透過模擬過程與其結果增加對於環境中不確定性的資訊了解。同時透過開放的平台架構之應用，經由標準化與作業化，協助水利署各單位持續應用不同水文氣象產品進行作業化模擬分析工作。並且持續推動共同模式參數資料庫，使模式模擬資料與處理流程可以更加便利與完整，相關工程師也可以使用共同資料與參數資訊可以參考。

五、誌謝

本研究感謝經濟部水利署計畫『雷達觀測資料及多水文模式於水文氣象觀測整合平台之加值應用(2/2)』在經費上的補助。同時感謝中央氣象局衛星中心同仁在資料與技術的支援與協助。

六、參考文獻

- Jedlovec, G. J. (2013). Transitioning NASA Earth-observing Satellite Data to the Operational Weather Community.
- NOAA. (2007). Recommendation on the use of Delft-FEWS for Community Hydrologic Prediction System (CHPS). National Oceanic and Atmospheric Administration National Weather Service, Silver Spring, Maryland.
- Werner, M., Schellekens, J., Gijsbers, P., Van Dijk, M., Van den Akker, O., and Heynert, K. (2013). "The Delft-FEWS flow forecasting system." *Environmental Modelling & Software*, 40, 65–77.
- 沈志全、張哲豪、吳祥禎、謝孟益、蕭健雄 (2014)，「應用CWB ARPS 預報降雨於洪水預報作業流程之評估」，103 年天氣分析與預報研討會，103年9月16日至18日，中央氣象局，臺北。
- 國立臺北科技大學. (2013). 雷達觀測資料及流域多水文模式於水文氣象觀測整合平台之建置與應用(2/2). 經濟部水利署.
- 國立臺北科技大學. (2014). 雷達觀測資料及多水文模式於水文氣象觀測整合平台之加值應用(1/2). 經濟部水利署.