

NCDR 108-T22

# 區域短時淹水示警需求與 災害監測預警技術開發

Technological development of early warning for  
short-duration inundation in local area and functions of  
disaster monitoring and prediction

---



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center  
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 109 年 01 月



# 區域短時淹水示警需求與 災害監測預警技術開發

Technological development of early warning for  
short-duration inundation in local area and functions of  
disaster monitoring and prediction

---

林欣弘、王璿瑋、陳奕如、王潔如、林冠伶、黃麗蓉  
陳淡容、劉嘉騏、廖信豪、吳佳純、林忠義、于宜強



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center  
for Disaster Reduction



## 中文摘要

國家災害防救科技中心過去配合中央災害應變中心的颱風災害情資研判需求，針對全國適用的災害預警項目進行技術研發。然而臺灣所處地理位置的季節特徵變化大，再加上陡峭的地形區隔，導致各地區的致災特性迥然不同。對地方防災人員而言，一體適用的預警情資不容易被用於地區性的防災研判上。因應不同區域預警的需求，災防科技中心過去曾經分別針對大台北與桃園市的暴雨預警技術進行研擬，並與當地協力大學的合作，將學界研究成果以及當地特有觀測資料落實於地區預警技術開發。今年度配合南部防災降雨雷達開始作業，規劃南部地區短時淹水示警技術開發工作。另外，配合臺灣的防災降雨雷達陸續完工，未來將有更完整的雷達觀測資訊可提供做為防災研判情資。今年度開始整合各單位雷達即時觀測資料，並嘗試開發短延時強降雨預警技術與資訊展示技術。此外，在因應不同時間尺度的氣象預報需求，配合短延時降雨、天氣預報與水資源評估等需求，重新建構多種氣象模式，包含雷達資料同化技術、系集預報、全球預報等模式。後續利用這些模式預報結果，針對不同研判需求開發各種模式預報產品。

關鍵字：短時淹水示警、雷達預警技術、多尺度氣象預報

## ABSTRACT

For supporting Central Emergency Operation Center (CEOC), National Science and Technology Center for Disaster Reduction (NCDR) develop general early warning technologies of typhoon and heavy rainfall. However, because the disaster-causing characteristics are very different in each region, some general technologies are not convenient to use for local disaster prevention units. To meet these local disaster prevention's demand, we work with cooperative universities at local to implement their research results and applied the early warning technologies by using local unique observation data for Taipei and Taoyuan City since 2017. This year, with the establishment of disaster-prevention rainfall radars in Taiwan, we integrated weather radar data, and tried to develop short-duration heavy rainfall warning technology and information display technology. In addition, the third generation of potential inundation maps were also applied for judgement of short-duration inundation in each district. On the other hand, for the needs of multi-scale weather forecasting, we reconstructed a variety of forecast models, including radar data assimilation technology, ensemble forecasting, and global forecasting model. Subsequently, these model forecast results has been use to develop application products for fulfilling the needs of disaster prediction.

**Keywords:** short-duration inundation, early warning technology of weather radar, multi-scale weather forecasting

# 目錄

第一章 前言.....	1
1.1 前言 .....	1
1.2 目的 .....	2
第二章 地區淹水示警需求技術開發 .....	5
2.1 淹水潛勢應用於短延時降雨淹水範圍快速評估 .....	5
2.2 地方防災應變作業情資研判技術 .....	15
2.3 關鍵交通設施災害預警技術 .....	21
第三章 災害監測與預警技術開發 .....	27
3.1 3D 視覺化展示技術 .....	27
3.2 颱風路徑與雷達回波整合系統 .....	31
3.3 雷達與閃電應用之強降水預警系統 .....	34
3.4 豪大雨應變標準統計 .....	37
3.5 寒流指數與歷史農損統計 .....	40
3.6 登革熱病例歷史統計分析 .....	43
第四章 氣象模式預報服務產品開發 .....	46
4.1 全球模式 MPAS 16 天預報.....	46
4.2 區域模式系集預報 .....	52
4.3 雷達資料同化與短時預報 .....	56

4.4 颱風初始化法與颱風預報 .....	58
第五章 未來展望 .....	63



## 圖目錄

- 圖 1 高雄 24 小時 650mm 降雨情境的淹水潛勢圖 (圖示引用政府開放平台-第三代淹水潛勢圖) ..... 7
- 圖 2 淹水快速研判技術的架構流程圖，分為圖資、資料處理、系統開發三部分..... 8
- 圖 3 24 小時的 Horner 雨型分配圖，縱軸表示降雨的比例，橫軸為時間(雨型圖示引用政府開放平台-第三代淹水潛勢圖)..... 9
- 圖 4 高雄 0719 淹水事件模擬結果(紅色)及消防署淹水通報災點(藍色)，右方為三民區局部放大顯示的結果 ..... 11
- 圖 5 高雄 0719 事件模擬淹水範圍(紅色)及通報災點(藍色)，FP 表示假陽性的鄉鎮(模擬有淹水，但實際沒有災點回報)，FN 表示假陰性的鄉鎮(模擬沒有淹水，但實際有通報災點) ..... 12
- 圖 6 高雄市 0719 淹水事件災點數與潛勢面積的關係，縱軸為災點數，橫軸為潛勢面積，每個圓圈對應一組鄉鎮數據 ..... 13
- 圖 7 左圖為岡山區的 0719 淹水事件的潛勢範圍，藍點為通報的災點位置。對應右方 Google earth 的衛星地圖，比對大範圍淹水面積(紅圈)落在農田區域 ..... 13
- 圖 8 三民區 0719 事件的災點及模擬的淹水潛勢範圍，紅色三角為落在模擬範圍的災點，黃點為未在模擬範圍的災點 ..... 14

圖 9 將三民區 0719 事件的原始災點範圍擴大 50m 的結果(藍圈)， 如果 50m 的擴大範圍有落在模擬的淹水潛勢範圍會標上紫色 .....	14
圖 10 高雄 0719 事件各區災點命中率的統計分析結果，灰線為災點 數，藍色為原本災點的命中率，紅色為擴大 50m 災點的命中率 .....	15
圖 11 新北市午後對流研判系統的開發流程架構圖 .....	16
圖 12 新北市午後雷陣雨應變作業三階段燈號 .....	18
圖 13 階段一介面，包含雷達回波及午後對流檢查表資訊 .....	19
圖 14 階段二介面，顯示 10 分鐘雨量資訊及達到警戒值的鄉鎮區， 不同顏色表示警戒程度。 .....	19
圖 15 階段三介面，每 10 分鐘更新的小時累積雨量，並將達到示警 標準的鄉鎮區標上顏色 .....	20
圖 16 淹水潛勢快速研判圖，可套疊歷史淹水災點(藍點)，進行可 能淹水區的判識 .....	21
圖 17 高鐵預警技術開發架構流程圖，分為圖資、資料處理、系統 開發三部分 .....	22
圖 18 左圖為高鐵路線及風速監測站點位置，右表對應的監測站資 訊，包含編號、所屬鄉鎮及經緯度資訊 .....	23
圖 19 左圖為高鐵路線及雨量監測站點位置，右表對應的監測站資 訊，包含編號、所屬鄉鎮及經緯度資訊 .....	24

圖 20 高鐵風速及雨量示警產品，介面包含左方路線地圖及右方預報的時序資料，達到示警標準的站點及時間區間會標上顏色(黃->橙->紅色).....	25
圖 21 3D 視覺化系統開發流程架構圖，架構分為資料來源、視覺化模組、展示模組 .....	28
圖 22 VAPOR 軟體的操作介面，可以讀取多種三維資料，進行不同色階、透明度及視角的繪圖 .....	29
圖 23 3D 展示介面，每 10 分鐘更新的資料會自動繪製成動畫檔上傳，又方列表可以選取過去 3 天每小時間隔的動畫檔案 .....	30
圖 24 3D 應變模組選單，以過去歷史事件製作的範本 .....	31
圖 25 颱風路徑與雷達回波整合系統開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示 .....	32
圖 26 颱風路徑與雷達回波整合，即時資料顯示 .....	33
圖 27 颱風路徑與雷達回波整合，歷史個案檔案 .....	34
圖 28 強降水預警系統開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示.....	35
圖 29 強降水預警展示介面，左方為閃電雷達指標計算結果，右方為鄉鎮區的示警範圍 .....	37

圖 30 豪大雨應變統計模組開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統開發 .....	38
圖 31 豪大雨特報統計介面，上方為各降雨等級的縣市總數，下方地區圖標示個特報的縣市資訊 .....	39
圖 32 寒害指標與農損模組開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示 .....	41
圖 33 寒害 SDI 介面，左方為計算的 SDI 數值(藍線)，淺藍底色為觀測，白底區為預報資料，紅線標明最大的 SDI 數據。右方為最接近最大 SDI 值的歷史事件 .....	42
圖 34 歷史農業災損統計介面，左方圓餅圖為食用作物統計，右方圓餅圖為花卉與其他類型的統計。上方選單可以手動選取不同時間區間及不同的災害類型(寒害/非寒害/全部農損) .....	42
圖 35 登革熱歷史病例統計介面的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示 .....	43
圖 36 歷史病例的年統計及旬統計資料，橘色為病例總數，灰圈為排序的結果.....	44
圖 37 病例現況的視覺化介面，上面選單可以選擇不同縣市及不同的感染來源，並以顏色區分不同的病例數 .....	45
圖 38 不同時間尺度與對應氣象模式應用範圍示意 .....	46

圖 39	全球模式 MPAS 預報系統與應用服務架構流程 .....	47
圖 40	(a)亞洲地區及(b)全球 850hPa 環流場圖 .....	48
圖 41	MPAS 每日降雨分布圖產品頁面，以台灣本島降雨為例....	50
圖 42	(a)台灣本島降雨分布圖，(b)區域降雨分布圖 .....	50
圖 43	MPAS 全球模式模擬之白鹿颱風路徑(紅線)，初始預報時間為 2019/08/22 06UTC，深藍色線條為該初始時間之中央氣象局官方預 報路徑.....	51
圖 44	南海 850hPa 東西向風場變化時序圖，粉紅色實線為 MPAS 全 球模式模擬結果 .....	52
圖 45	系集預報系統與應用服務架構流程 .....	53
圖 46	系集雨量預報 12 小時累積圖。圖例為白鹿颱風 2019 年 08 月 24 日 00 時預報 (UTC)，預報 00 小時至 12 小時累積雨量。左上圖 為觀測雨量，其餘小圖為各系集成員雨量，其中右下角為前 50%系 集平均.....	54
圖 47	系集模式預報之颱風路徑，圖為白鹿颱風 2019 年 08 月 22 日 18 時預報 (UTC)，系集颱風路徑 (紅線) 與系集平均路徑 (粗紅 線)，藍線為氣象局官方路徑。左上角有標註颱風名稱與模式起初時 間.....	55

圖 48 颱風路徑分群與分群成員預報雨量。圖例為白鹿颱風 2019 年 08 月 22 日 18 時預報 (UTC) 路徑分群結果，上圖為偏左路徑下的成員路徑(紅線)與平均路徑 (粗紅線)，下圖為偏左路徑下每 12 小時累積雨量分布 .....	56
圖 49 雷達資料同化系統與應用服務架構圖 .....	57
圖 50 雷達資料同化系統預報產品於網頁之展示 .....	58
圖 51 颱風初始化方法與預報應用服務流程圖 .....	59
圖 52 颱風初始化方法移除地形版本示意圖(資料來源:林等，2019) .....	60
圖 53 颱風初始化方法層場圖與雨量圖，(a)200 百帕 (b)500 百帕 (c)700 百帕 (d)可降水量與最大回波 (e)地面風場與 3 小時累積雨量 (f) 12 小時、24 小時臺灣與離島地區累積雨量預測圖 .....	61
圖 54 颱風路徑系集預報圖，以 2019 年白鷺颱風為例，左圖為中央氣象局預報路徑(藍線)與颱風初始化方法預報路線(紫線)，右圖為系集預報路徑.....	62
圖 55 天氣與氣候監測網歷年瀏覽數統計，資料更新至 2019/11/29 .....	63
圖 56 以技術移轉為目標的預警技術模組開發概念 .....	64

## 表目錄

表 1 淹水情境模擬使用的兩型標準共 27 種，*號表示公開的潛勢圖標準（圖表引用經濟部水利署水利規劃試驗所-淹水潛勢圖製作及應用）.....	7
表 2 高雄市淹水潛勢圖降雨情境對應之 1 小時及 3 小時降雨門檻列表.....	10
表 3 (a) 統計 0719 事件二分法列表，與(b)命中率、準確率、預兆得分等結果.....	12
表 4 新北市淹水潛勢圖各降雨情境的 1 小時及 3 小時降雨門檻列表.....	18
表 5 高鐵警戒風速分級列表 .....	23
表 6 高鐵警戒雨量分級列表 .....	25
表 7 強降雨預警等級表，含雷達回波強度與閃電密度標準 .....	36
表 8 亞洲地區及全球環流層場圖名稱及所包含的變數表 .....	49





# 第一章 前言

## 1.1 前言

國家災害防救科技中心(後續簡稱災防科技中心)在支援中央災害應變中心情資研判時，因應颱風、豪雨導致的災害研病情資，需開發全國性災害預警與研判技術。從颱風、豪雨的降雨情境研判，至淹水、坡地災害等跨領域情資整合技術，並嘗試以網格細緻化方法，提升氣象、水文、坡地與社會經濟衝擊評估等的研判精度(于等，2014；林等，2015；于等，2016；林等，2017)。然而，臺灣所在地理位置的季節變化特徵明顯，加上陡峭地形區隔出各地區不同的災害特性。對地方防災人員而言，適合當地氣候特性與對應之災害成因的預警技術，才能有效的對地區災害發生可能性進行研判。

2017年起，災防科技中心開始針對地區研判需求調整研發目標，透過學界對不同地區的氣象特性研究成果落實應用，並整合地區特有氣象觀測資料，開發適合當地的氣象災害研判技術。在大台北地區，Lin et al. (2011)與林等(2012)針對弱綜觀天氣環境下，容易發生午後雷陣雨的條件建立客觀的監測指標。本中心將此監測指標方法，製作成午後雷陣雨自動研判系統，並整合北部五分山氣象雷達，建構一完整的整合監測預警技術(林等，2018)。此外，也引進 Liou and Chang (2009)發展三維風場反演技術，並利用桃園中大雷達、桃園機場雷達與五分

山雷達觀測開發桃園市即時三維風場分析技術，提供桃園防災研判資訊(林等，2019)。

因應極端氣候所導致的乾旱與寒害等的災害議題，也列入預警研發項目中(林等，2017)。針對農、漁業的 10 種農作物與漁獲，以不同致災氣溫標準，進行未來三天冬季寒害衝擊預警。另外，水庫枯水期的水庫水位預警方式，則透過氣象模式的動力降尺度方法推估未來 2 週的降雨量，並透過水庫集水區與入流的統計關係，進行未來 2 週的水庫入流量估算。對於水資源或寒害衝擊等的影響層面，相對於淹水或坡地災害而言，影響的時間更長。對於上游氣象預報技術來說，延長預報時間，或提升長時間預報的準確性，將會影響到下游災害衝擊的關鍵因素。

## 1.2 目的

影響台灣的致災天氣現象發生頻繁，從影響時間數小時的短時強降雨，到持續數天的颱風、豪雨事件等，這些天氣現象造成的劇烈降雨往往會導致淹水及土石流等災害。民國 88 至 90 年，防災科技中心首次進行淹水潛勢圖分析與製作，並完成全國 22 個縣市的第一代淹水潛勢圖，提供地方作為減災與防災的參考資訊。民國 98 年，經濟部依據災害防救法第 22 條中的事項要求：有關災害潛勢之公開資料種類、區域、作業程序及其他相關事項之辦法，由各中央災害防救業

務主管機關定之。訂定與發布「水災潛勢資料公開辦法」，明定淹水潛勢圖製作規範，且每五年檢討修正一次，提供作為水災防災的參考依據。近年來，由於圖庫資訊化及淹水模擬程式加速進展，使得淹水潛勢模擬可以更加精細。經濟部水利署依據「水災潛勢資料公開辦法」於民國 96 年起進行全國淹水潛勢圖更新工作，目前完成二次檢討與更新作業，且已將第三代淹水潛勢圖公開至開放資料平台上，提供大眾做為減災與防災研判資訊。由於地方政府與民眾的防災意識逐漸升高，在災害發生前後，使用者對地方預警資訊需求也相對變高。因此透過應用政府已完成且公開的防災資訊，結合及時雨量資訊與潛勢圖資進行預警技術開發，將更快速且有效的因應地方防災需求。

臺灣為了因應防災需求，於水災災害防救策進計畫中規畫區域防災降雨雷達建置，並選用新一代雙偏極化雷達，以提升降雨監測與預警的效果。現階段防災降雨雷達已完成 2 座雷達建置，其中高雄市林園雷達(RCLY)已於 2017 年 9 月開始作業，臺中市南屯雷達(RCNT)則於 2018 年 6 月啟用作業。由於雷達高頻率觀測特性，對於突然發展的對流系統，有很好的即時監測能力，可強化短延時強降雨致災預警。透過現階段已成熟的雷達應用技術落實，將有助於短時降雨監測與預警技術的開發，尤其是快速發展的小尺度劇烈對流系統所造成的區域淹水問題，除了在政府部門的運用外，應考量強降雨訊息可配合地區

應變操作需求，加強提前示警的能力。

過去因應防災情資產品開發，以使用者需求開發架構，開發適合防災操作的災害預警產品，並針對不同地區的研判需求，以適地性服務(Location Based Service, LBS)技術，設計預警產品的展示方式(林，2018；林，2019)。另外，政府積極推動的開放資料(Open Data)政策，將各部會署提供大眾使用之防災資訊，以共通形式在政府開放資料平台上對大眾服務。開放資料除了氣象監測及預報、淹水預警、土石流預警等資訊之外，也包含水資源、空污、農漁業、傳染病病例等眾多類型資料，可進一步提供做為災害衝擊評估分析。然而，在整合多種異質性資料進行產品開發的過程中，需仰賴視覺化技術，將複雜的資訊簡化成使用者容易判讀的訊息。隨著政府推動公共物聯網(Internet of Things, IoT)的智慧化防救災規劃下，未來將會有資訊量更龐大且快速更新的防災資訊可供應用，甚至從二維空間資訊擴增到三維空間資訊。因此，視覺化展示技術將會是另一項強化防災預警資訊研判的重要議題。

## 第二章 地區淹水示警需求技術開發

### 2.1 淹水潛勢應用於短延時降雨淹水範圍快速評估

近幾年，短延時強降雨造成淹水事件頻率增加，地方預警需要更細緻化的研判，以因應突然發生的暴雨災害。短延時強降雨事件發生的影響，除了區域範圍較小，降雨開始至災害發生的可反應時間也很短，需要快速且更精細的研判技術。配合此需求，本中心利用經濟部水利署第三代淹水潛勢圖，以鄉鎮為最小研判單元，利用及時雨量資訊，研發快速研判淹水範圍的技術。並以高雄市為示範區，設計以地方政府研判所需之研判展示功能。

#### 一、水利署第三代淹水潛勢圖介紹

全國各縣市之淹水潛勢圖製作方式皆依照淹水潛勢圖製作手冊規定，分為「資料蒐集與特性分析」、「模式建立與檢定驗證」、「情境模擬與成果製作」三階段(經濟部水利署水利規劃試驗所，2017)。淹水潛勢圖資完成後，須經由經濟部審議通過，並公開提供外界使用。

高雄市淹水潛勢圖製作流程中，資料蒐集部分的水文資料涵蓋中央及轄管河川局彙整的二仁溪、阿公店溪、高屏溪，典寶溪，阿公店水庫、鳳山水庫、澄清湖、中正湖水庫及觀音湖水庫等流域與水庫資訊。流域雨量站之歷史觀測紀錄，資料時間延續年限二十年以上，共

56 站資料。另外也彙整水利署及氣象局的河川水位潮位及波站測站資料。地文資料包含數值地形高程資料、航照正射影像、水道資料、重要水工構造物、雨水下水道資料與海岸資料(經濟部水利署水利規劃試驗所，2014)。

模式建立與檢定驗證(經濟部水利署，2015)，第三代淹水潛勢分析模式統一係採用荷蘭發展之 SOBEK-Rural 二維淹水模式(SOBEK Hydrodynamics, 2013)。淹水模式中的物理模組包含一維渠流及水道、二維漫地流與降雨逕流。演算機制為一維水流以低堤溢流後與二維網格耦合，下水道系統為人孔冒水後與二維網格耦合。而 SOBEK 淹水模擬採用先行計算降雨逕流結果，再進行逐時的水理模擬。驗證檢定採用準確度與捕捉率達 60%以上為通過標準。主要模擬淹水區域至少比較三處淹水的水位峰值誤差，且 2/3 以上淹水控制點之淹水水位峰值誤差不得超過 0.2 公尺。

情境模擬與成果製作，使用 6、12、24 小時累積雨量共 27 種降雨情境(表 1)進行淹水模擬，並選定其中 10 種(紅色標示)為公開資料。淹水模擬成果製作成電子圖資及圖冊兩種，電子圖資包含地理資訊系統的標準格式 SHP 及 tif/jpg 圖檔和適於用 Google Earth 的 KML 格式。圖 1 為高雄 24 小時 650mm 降雨情境下模擬的淹水潛勢圖範例，圖中會標示選用的雨量站及使用的雨型，並附上潮位資料及製作條件。

使用者可以從政府資料開放平台或水利署等相關網站下載。

表 1 淹水情境模擬使用的雨型標準共 27 種，\*號表示公開的潛勢圖標準（圖表引用經濟部水利署水利規劃試驗所-淹水潛勢圖製作及應用）

平地雨量 (總延時)	情境1	情境2	情境3	情境4	情境5	情境6	情境7	情境8	情境9
6小時	100	150*	200	250*	300	350*	400	450	500
12小時	150	200*	250	300*	350	400*	450	500	550
24小時	200*	250	300	350*	400	450	500*	650*	800

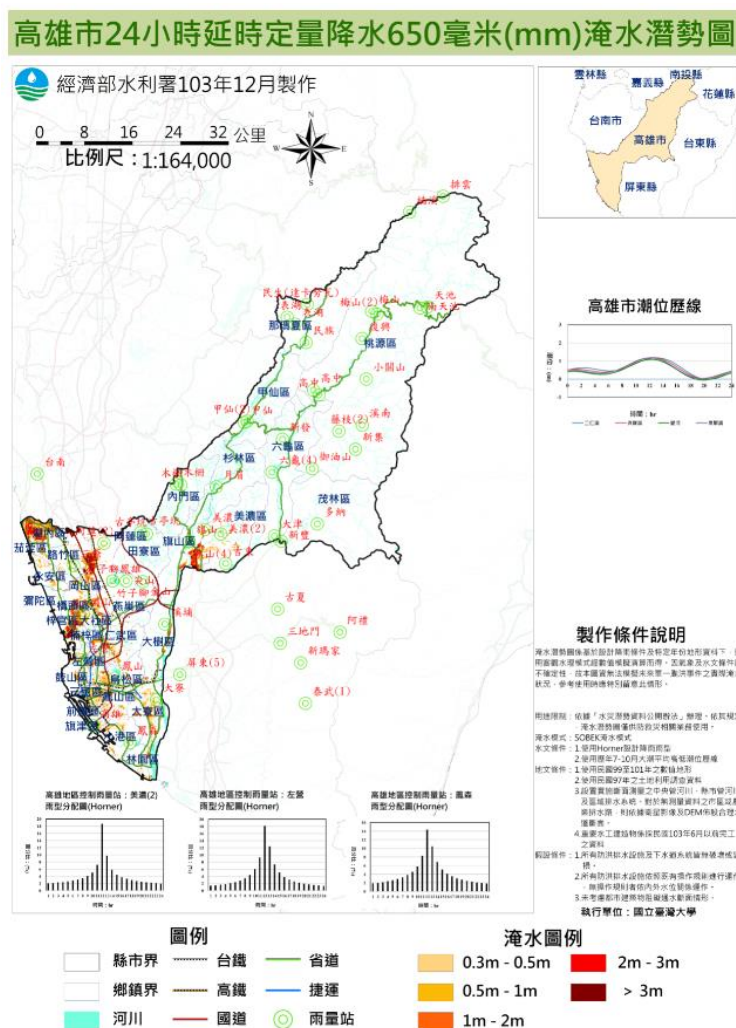


圖 1 高雄 24 小時 650mm 降雨情境的淹水潛勢圖（圖示引用政府開放平台-第三代淹水潛勢圖）

## 二、 淹水範圍快速研判技術

本中心利用淹水潛勢圖發展的淹水範圍快速研判技術，技術架構

可分成三個部分(圖 2)。圖資部分收集「政府開放資料平台」及「水災保全計畫網站」中第三代淹水潛勢圖資，與氣象局自動雨量站資料，並彙整消防署的眾淹水通報災點做為校驗資料。資料處理部分，透過地理資訊系統(ArcGIS)，進行圖資的鄉鎮區切割及面積計算。第三代淹水潛勢圖，共涵蓋 10 種降雨情境，分別以 6、12、24 小時累積雨量的不同情境所模擬而得。另外從個別降雨雨型定義出 1 小時和 3 小時降雨門檻，之後綜整成 1, 3, 6, 12, 24 小時各鄉鎮區的淹水門檻值。後續將淹水模擬範圍資料轉換成地理空間資訊通用 Geojson 格式或關聯式資料庫形式，以用於即時研判與展示。技術開發與展示部分，由氣象局自動雨量站的即時資料分析，自動進行各鄉鎮區所對應雨量站的降雨情境判識。之後再篩選出最符合現狀的淹水潛勢範圍。

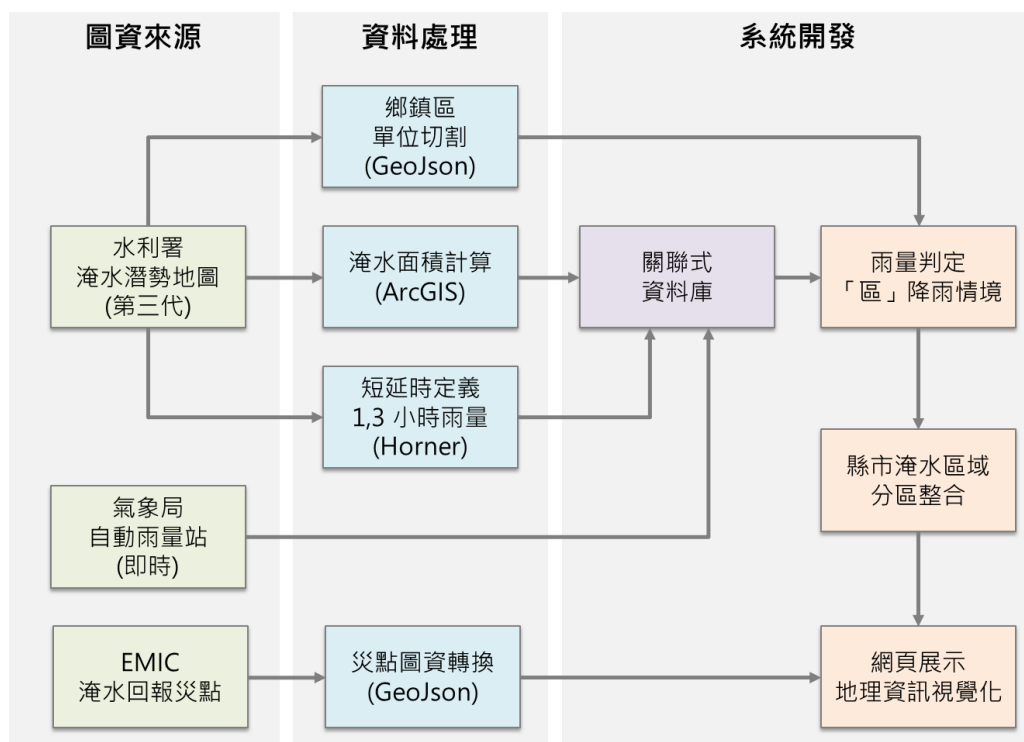


圖 2 淹水快速研判技術的架構流程圖，分為圖資、資料處理、系統開發三部分



### 三、短延時降雨標準定義

短延時降雨常由 1 小時至 3 小時的短時間降雨所造成，但第三代淹水潛勢圖降雨情境所使用的最小時間累積雨量延時為 6 小時。本中心嘗試利用公開的 10 種降雨情境的雨型分布，定義雨型中最大 1、3 小時累積雨量為該降雨情境下的短延時雨量。第三代潛勢圖所使用的雨型為「降雨強度—延時公式」計算而得的分布(余濬，2009；經濟部水利署水文技術組，2018)。圖 3 為 24 小時降雨延時範例與對應每個小時降雨量佔總雨量的百分比。在潛勢圖在計算降雨型態分布時，會利用統計的方法計算出符合所需重現期的降雨時序，再按照大小順序、右高左低方式依序排列，最大累積雨量放在中間(12 時)，次高值放在右邊(13 時)，第三高值放在左邊(11 時)以此類推。因此從各種降雨情境中，取出最大 1 小時與 3 小時累積雨量來定義短延時降雨的門檻。因此 1 小時與 3 小時雨量門檻由公開的 10 種降雨情境中，經由雨型的延時雨量換算而得。

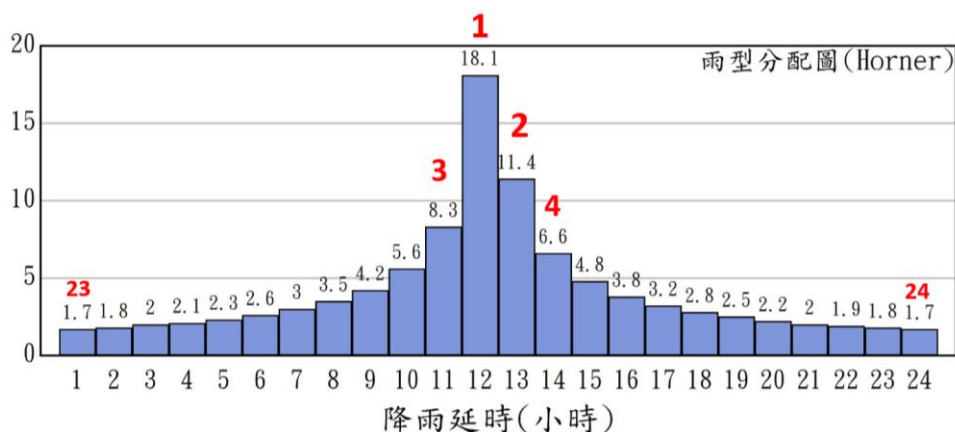


圖 3 24 小時的 Horner 雨型分配圖，縱軸表示降雨的比例，橫軸為時間(雨型圖示引用政府開放平台-第三代淹水潛勢圖)

利用上述方法取得最大 1、3 小時的降雨比例，計算出高雄市 10 種降雨情境對應的短延時降雨門檻值，分級如下表 2。由於每個地區統計的降雨重現期會不同，因此必須針對每個縣市的淹水雨型定義適合的短延時降雨門檻值。

表 2 高雄市淹水潛勢圖降雨情境對應之 1 小時及 3 小時降雨門檻列表

淹水潛勢圖降雨情境		1 小時雨量	3 小時雨量
6 小時	150 mm	65	110
	250 mm	85	175
	350 mm	110	240
12 小時	200 mm	60	110
	300 mm	80	150
	400 mm	100	200
24 小時	200 mm	45	80
	350 mm	80	140
	500 mm	95	195
	650 mm	125	235

#### 四、 區域淹水範圍快速研判展示介面

配合淹水範圍以行政區(鄉鎮區)為最小研判單位，展示介面設計如圖 4 所式。主圖區顯示高雄市的行政區範圍，滑鼠移到上方會顯示該區的名稱，滑鼠點擊任一行政區可以放大至村里尺度，搭配右方表單上各行政區列表並，並條列出各行政區最大 1 小時雨量。當達淹水雨量門檻值，會標上淡黃底色並標上紅色外框，淹水範圍會以紅色

色階呈現。右方為行政區列表也標上底色，不同的顏色（黃、紅、紫）表示淹水面積的程度分級。此外，左上方選單可以開啟過去歷史淹水災點(藍點)，災點使用消防署通報淹水點位，以提供實際個案比較。

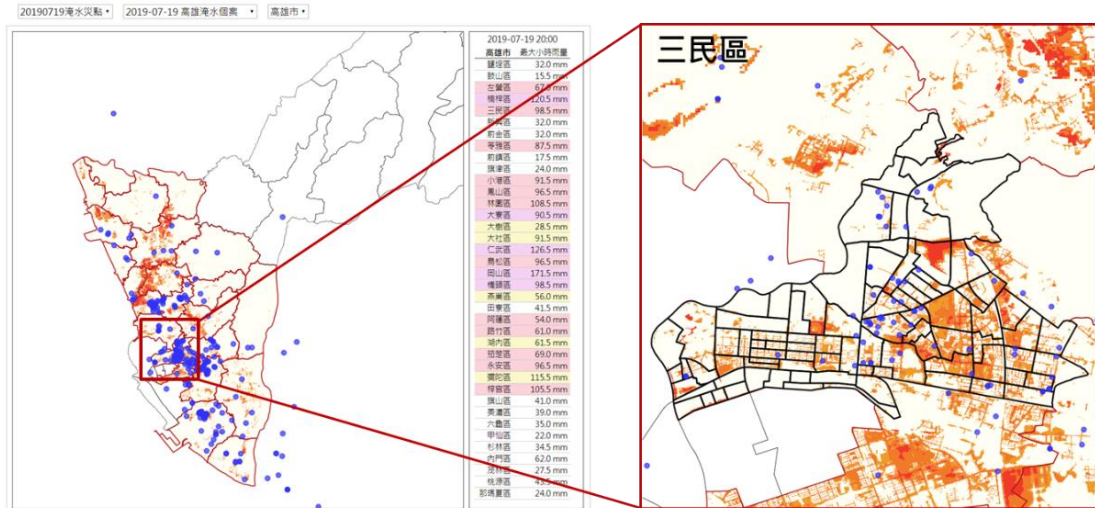


圖 4 高雄 0719 淹水事件模擬結果(紅色)及消防署淹水通報災點(藍色)，右方為三民區局部放大顯示的結果

### 五、 淹水範圍估計與個案災點校驗

以 2019 年 7 月 19 日高雄淹水事件分析，使用消防署淹水災點通報資料對此淹水研判技術進行校驗。以行政區為比較單元分析(圖 5)，藍點為淹水災點，紅框黃底標註的行政區為研判的淹水區域。其中假陽性 FP(False Positives)表示研判有淹水，但是沒有收到回報災點，共計 3 個區；假陰性 FN(False Negatives)表示研判沒有淹水，但是有回報災點，共計 4 個區。透過二分法統計方式進行校驗比較(表 3a)，觀測跟研判都有的行政區共 19 個，而觀測跟研判都沒有的區為 12 個，在統計上屬於命中案例，共 7 個區為誤判。經統計分析，此事件的命

中率為 83%，準確率為 82%，預兆得分為 0.73(表 3b)。

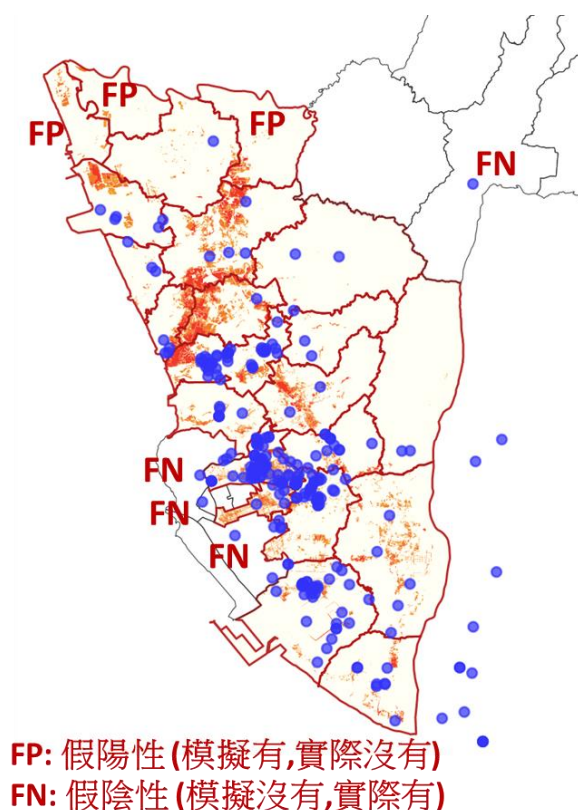


圖 5 高雄 0719 事件模擬淹水範圍(紅色)及通報災點(藍色)，FP 表示假陽性的鄉鎮(模擬有淹水，但實際沒有災點回報)，FN 表示假陰性的鄉鎮(模擬沒有淹水，但實際有通報災點)

表 3 (a) 統計 0719 事件二分法列表，與(b)命中率、準確率、預兆得分等結果

		(a) 二分法列表		(b) 校驗得分結果	
		命中	未命中	命中率	準確率
研判 結果	命中	19	3	0.83	0.82
	未命中	4	12	0.73	

進一步進行從淹水潛勢面積跟災點數關聯性分析(圖 6)，大部分的災點數跟淹水面積呈現正相關(圖中藍框)，但有少部分淹水面積跟災點數沒有關聯(圖右下角)，呈現災點少但淹水面積大的分布。進一

步分析該淹水範圍，以岡山區的模式結果來看(圖 7)，研判有大面積的淹水區域屬於農田。這些分類上屬於低窪水域的農田或魚塭區域，一般民眾對此類區域並不會進行災點通報，導致面積的計算跟實際的回報數量產生落差。

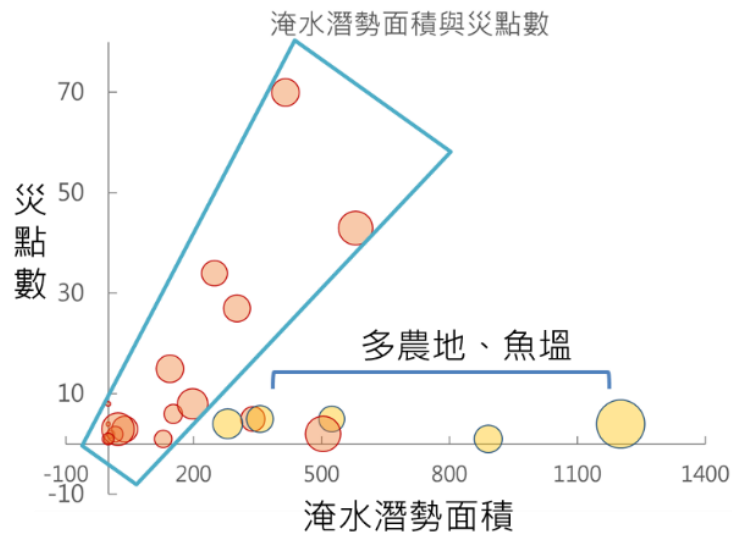


圖 6 高雄市 0719 淹水事件災點數與潛勢面積的關係，縱軸為災點數，橫軸為潛勢面積，每個圓圈對應一組鄉鎮數據

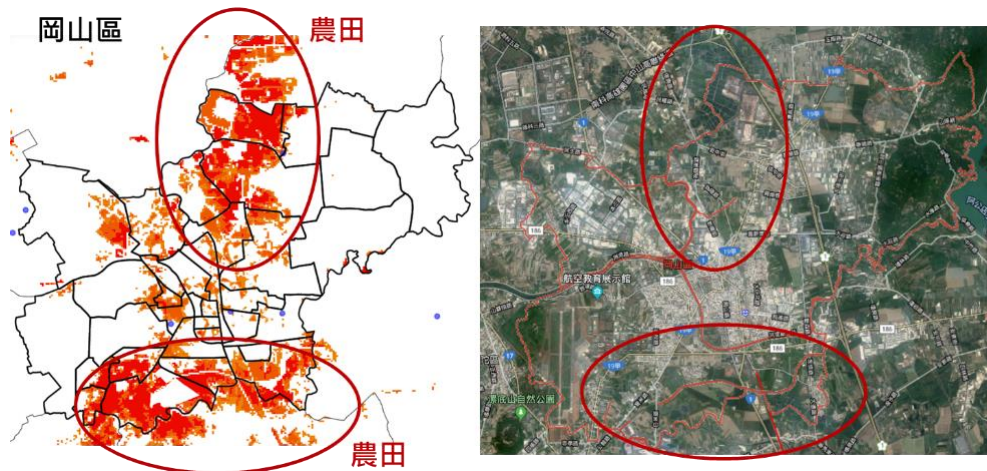


圖 7 左圖為岡山區 0719 淹水事件的潛勢範圍，藍點為通報的災點位置。對應右方 Google earth 的衛星地圖，比對大範圍淹水面積(紅圈)落在農田區域

從單一災點來分析命中率，以三民區為範例(圖 8)。圖中藍色底為研判的淹水範圍，紅色三角為落在研判範圍內的災點，黃點是沒有



落在研判範圍的災點。可以發現部分黃點很接近研判的淹水區，可能因為淹水模擬 40 公尺網格解析度或者通報資料定位差異，造成命中率的誤判。若將回報的災點擴大成 50 公尺的圓圈（圖 9），定義藍圈落在研判的淹水區內即是為命中災點。三民區在此事件中，透過災點判斷的修正，研判命中的災點增加 9 筆。

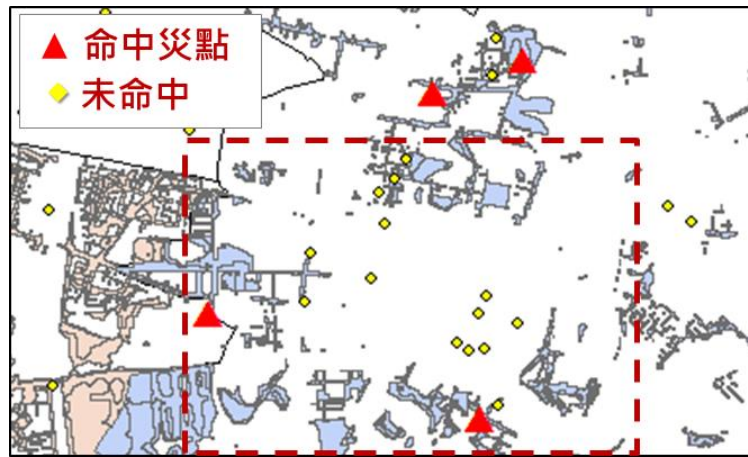


圖 8 三民區 0719 事件的災點及模擬的淹水潛勢範圍，紅色三角為落在模擬範圍的災點，黃點為未在模擬範圍的災點

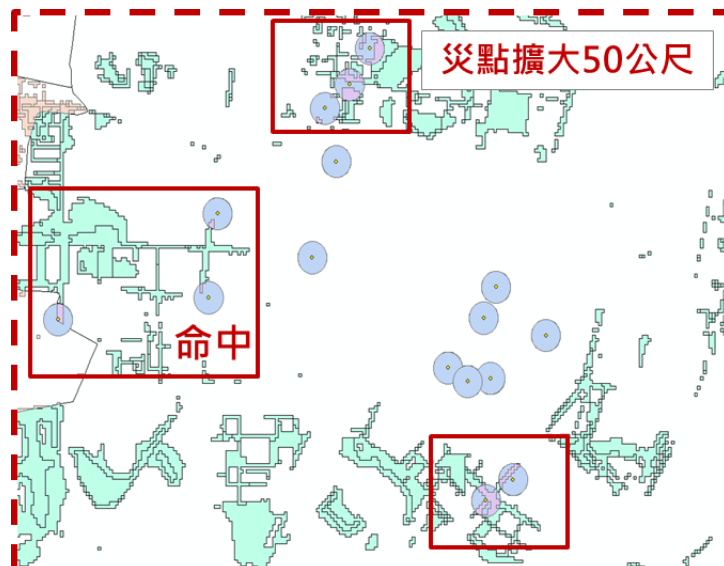


圖 9 將三民區 0719 事件的原始災點範圍擴大 50m 的結果(藍圈)，如果 50m 的擴大範圍有落在模擬的淹水潛勢範圍會標上紫色

利用擴大的災點重新計算各行政區的命中率統計(圖 10)，藍色

是使用未擴大的災點分析，紅色為擴大 50 公尺的災點分析結果，灰線是統計的災點總數。以高雄市全部災點評估命中率平均為 54%，與淹水潛勢圖檢定標準 60%相近。若以嚴格的未擴大災點進行評估，命中率僅達 20%。

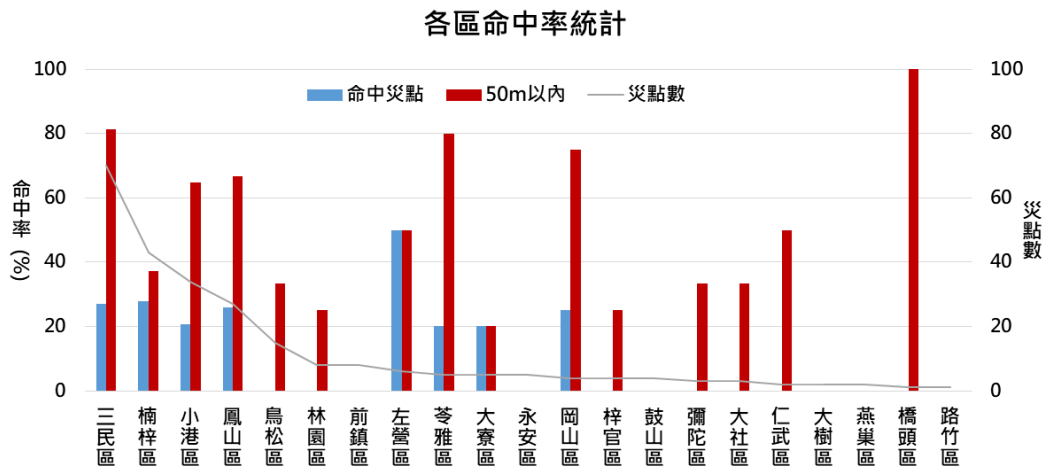


圖 10 高雄 0719 事件各區災點命中率的統計分析結果，灰線為災點數，藍色為原本災點的命中率，紅色為擴大 50m 災點的命中率

## 2.2 地方防災應變作業情資研判技術

午後對流常發生於台灣的夏季，低層大氣透過陽光不斷加熱，於午後有機會突破逆溫層頂，產生自由對流，造成午後對流發展的主因。旺盛發展的對流常伴隨打雷、閃電與劇烈降雨，並可能出現較強陣風甚或伴隨冰雹發生，若發生於溪流河川上游易於下游出現溪水暴漲，排水不良區域則易發生積淹水現象。今年度至新北市消防局應變中心訪談，了解新北市午後對流造成的強降雨應變所需研判資訊的不足。因此配合新北市消防局應變中心的作業時程與步驟，透過午後對流研判和即時資料的監控，判斷午後強降雨發生的區域，研判可能致災淹

水的行政區，提供給新北市政府進行防災應變作業各階段的參考資訊。

### 一、午後雷陣雨情資研判技術與流程架構

為了強化地方政府情資使用與預警能力，配合新北市防災操作進行情資研判技術開發，技術開發流程三部分(圖 11)，包含圖資來源、研判步驟與展示開發。配合未來可將研判技術轉移至地方政府，因此研判資料使用容易取得之政府開放資料，包含地面氣象站、雨量站、即時閃電落雷監測以及淹水潛勢圖等。

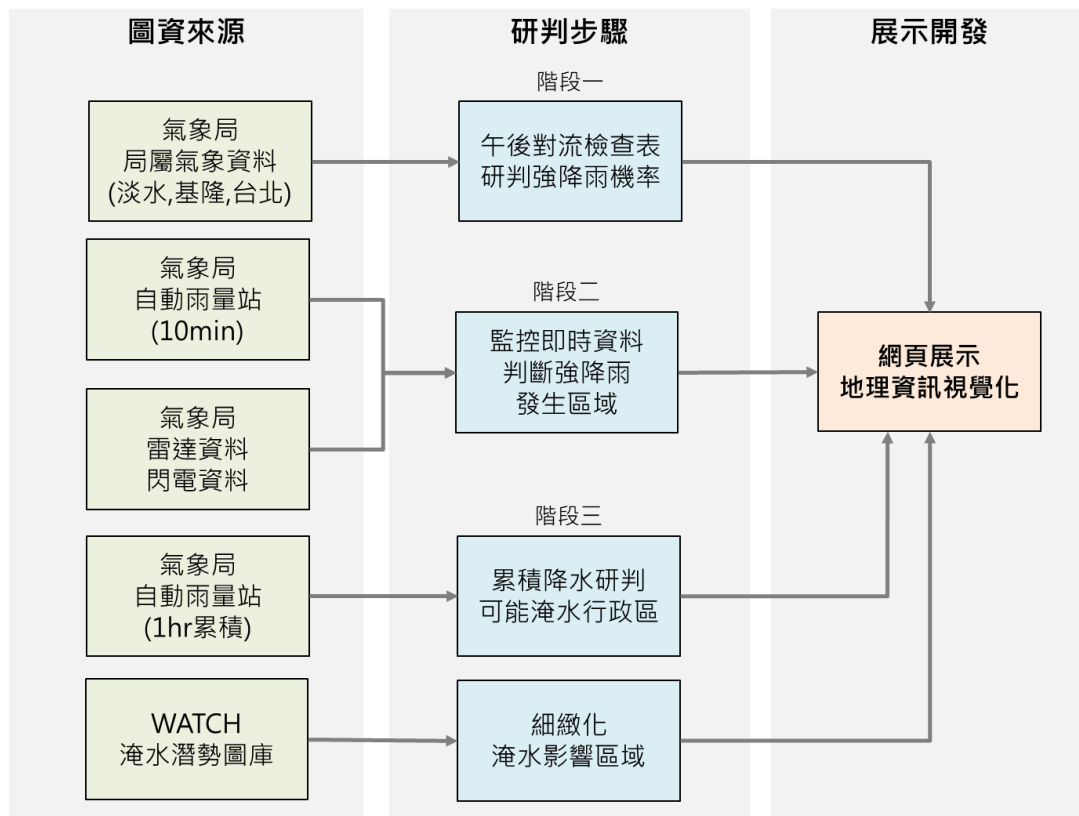


圖 11 新北市午後對流研判系統的開發流程架構圖

研判步驟則配合新北市消防局應變中心所使用的應變作業三階段，針對各階段所需研判項目，進行自動化研判技術開發。應變作業階段一為預判階段，在上午 11 時研判午後對流發生的機會。提供的



研判資訊使用大台北午後雷陣雨檢查表，進行可能性研判。研判資料使用氣象局局屬氣象站(淡水、基隆、台北) 8-11 時地面觀測資訊，進行午後對流檢查表的指標計算，從濕度及風向風速的各項指標中(3 測站，共 12 項)進行研判，當上午 11 時指標達 7 項以上或是上午 8 到 11 時的權重平均達到 7 項以上，即達到階段一示警標準。

階段二為預先佈署階段，即時監測降雨發生的區域且可能持續增強，提前準備防災作業。研判使用氣象局自動雨量站的累積雨量及雷達和閃電資訊進行研判，當任一小時內的 10 分鐘累積雨量達到 10mm 以上，且該行政區的雷達觀測達 40dBZ 以上或觀測到閃電發生，即進行階段二示警，讓防災單位進行準備工作。

階段三為行動階段，即時監測累積雨量，達到淹水警戒標準，即刻發布警戒燈號，進行防災應變作業。研判方法使用每 10 分鐘更新的雨量觀測數據，當小時累積雨量達到 40mm 以上，即達到警戒標準。

另外，今年度開發的淹水潛勢範圍快速研判技術，可以透過即時雨量監測研判淹水的可能範圍。此研判技術也被應用於新北市短延時強降雨的淹水研判。由於淹水潛勢圖的雨型統計各縣市皆不同，因此重新由新北市的「降雨強度—延時」雨型，定義出 1 小時及 3 小時的淹水門檻值(表 4)，之後再提供進行淹水潛勢的判斷。此淹水快速研判技術可以在階段 3 行動階段，額外提供更細緻的可能淹水範圍，提

供地方防災研判使用。

表 4 新北市淹水潛勢圖各降雨情境的 1 小時及 3 小時降雨門檻列表

淹水潛勢圖降雨情境		1 小時雨量	3 小時雨量
6 小時	150 mm	75	115
	250 mm	115	175
	350 mm	140	235
12 小時	200 mm	55	100
	300 mm	110	155
	400 mm	125	190
24 小時	200 mm	65	105
	350 mm	105	160
	500 mm	130	180
	650 mm	150	225

## 二、 地方應變作業情資研判展示設計

配合新北市消防局應變中心應變作業的三個階段進行展示介面設計，各階段會以是否達標準變換燈號，因此可以直接從燈號判斷現況(圖 12)。

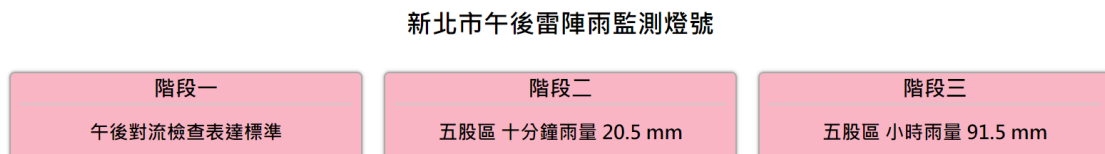


圖 12 新北市午後雷陣雨應變作業三階段燈號

階段一為預判階段(圖 13)，左方即時顯示觀測的雷達回波及風速資料，右方為午後雷陣雨檢查指標表單。當午後雷陣雨檢查表各表格監測氣象數值達到標準值會標上紅色，並在上方顯示達到標準的數量，達到 7 項以上會標註紅色，表示該小時符合警戒標準。

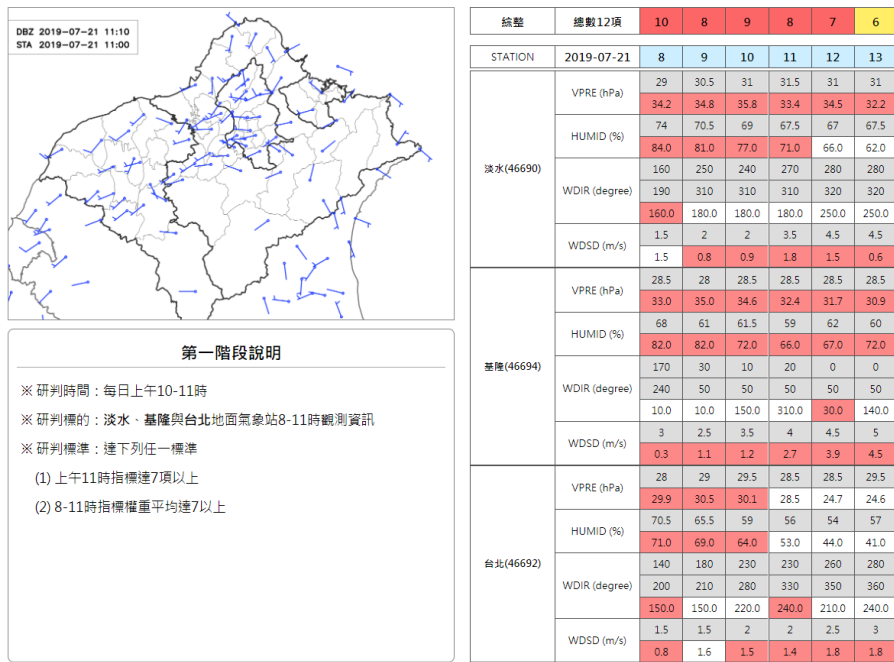


圖 13 階段一介面，包含雷達回波及午後對流檢查表資訊

階段二為預先佈署階段(圖 14)，右方列表顯示行政區內觀測雨量值及雷達回波值與閃電。當 10 分鐘累積雨量達到警戒標準，會在該行政區標上底色(黃、紅，表示警戒程度)，並在左方地圖上的行政區標註，將滑鼠移到行政區上方，會顯示觀測的雨量及時間資訊。

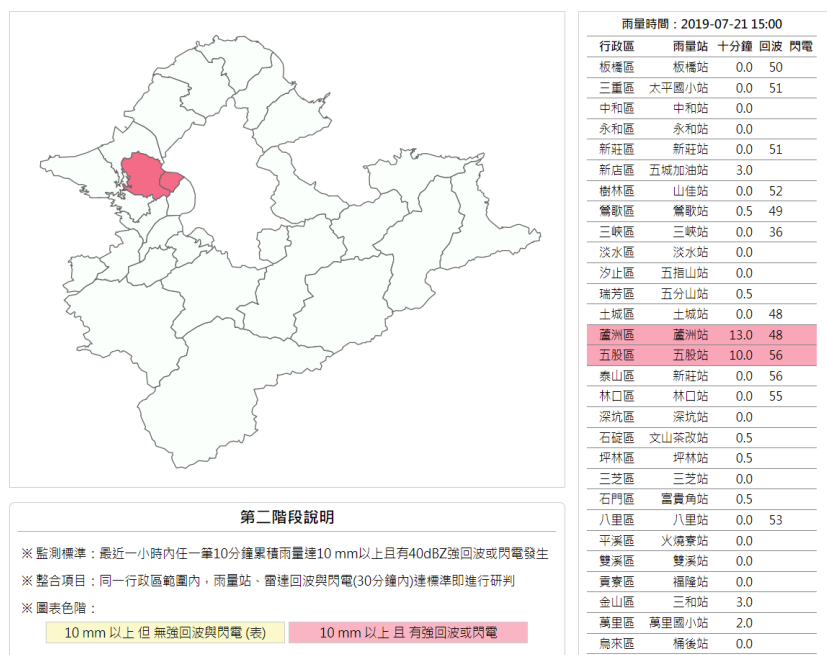


圖 14 階段二介面，顯示 10 分鐘雨量資訊及達到警戒值的鄉鎮區，不同顏色表示警戒程度。

階段三為行動階段(圖 15)，配置跟階段二相似，右方列表顯示行政區內的小時累積雨量，當 1 小時累積雨量達到 40mm，即達警戒標準，在該行政區標上底色並在左方地圖區顯示。行政區圖上小時雨量達 40mm 以上會以紅色標示；達 80mm 以上則以紫色標示。

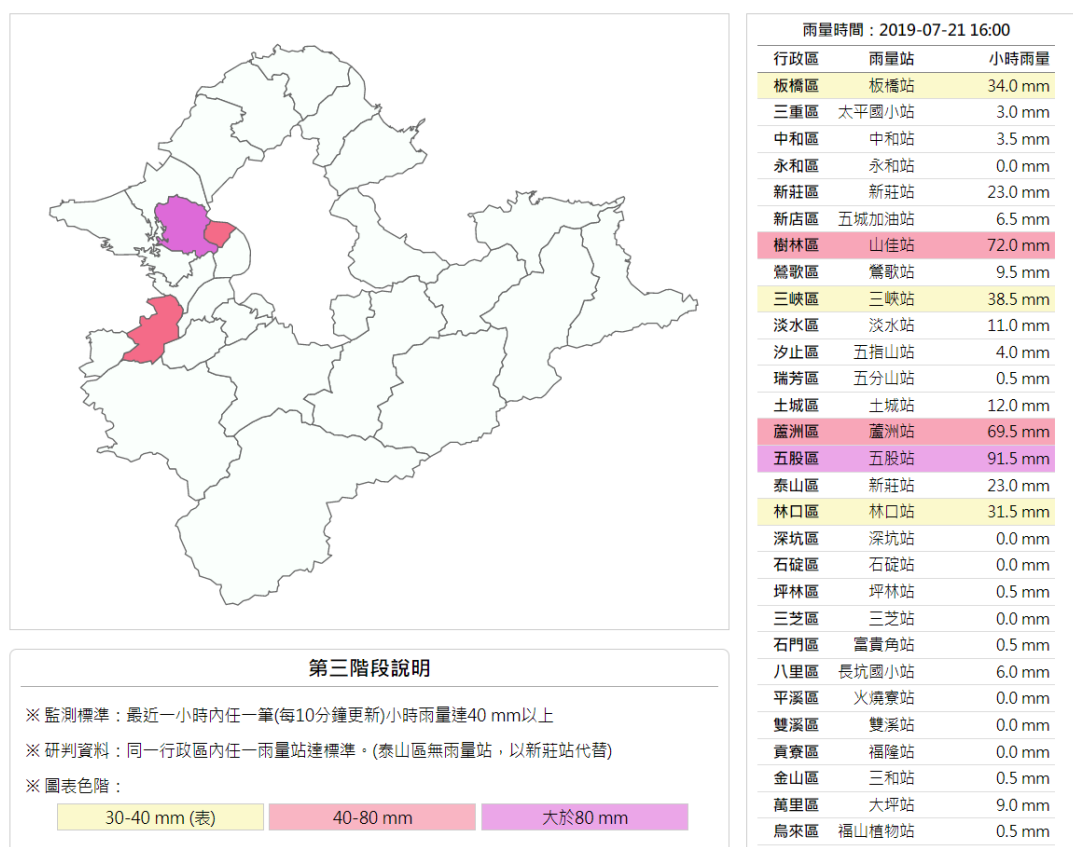


圖 15 階段三介面，每 10 分鐘更新的小時累積雨量，並將達到示警標準的鄉鎮區標上顏色

淹水潛勢快速研判(圖 16)展示與 2.1 節高雄市淹水潛勢快速研判相同。展示範圍以新北市各區為主，當達淹水門檻值的行政區會直接顯示在地圖上，滑鼠可以移到上方會跳出對應的鄉鎮資訊。點選任一行政區，可放大至該行政區下所有里的淹水潛勢範圍，可以更細緻分析村里範圍內的可能淹水區域。

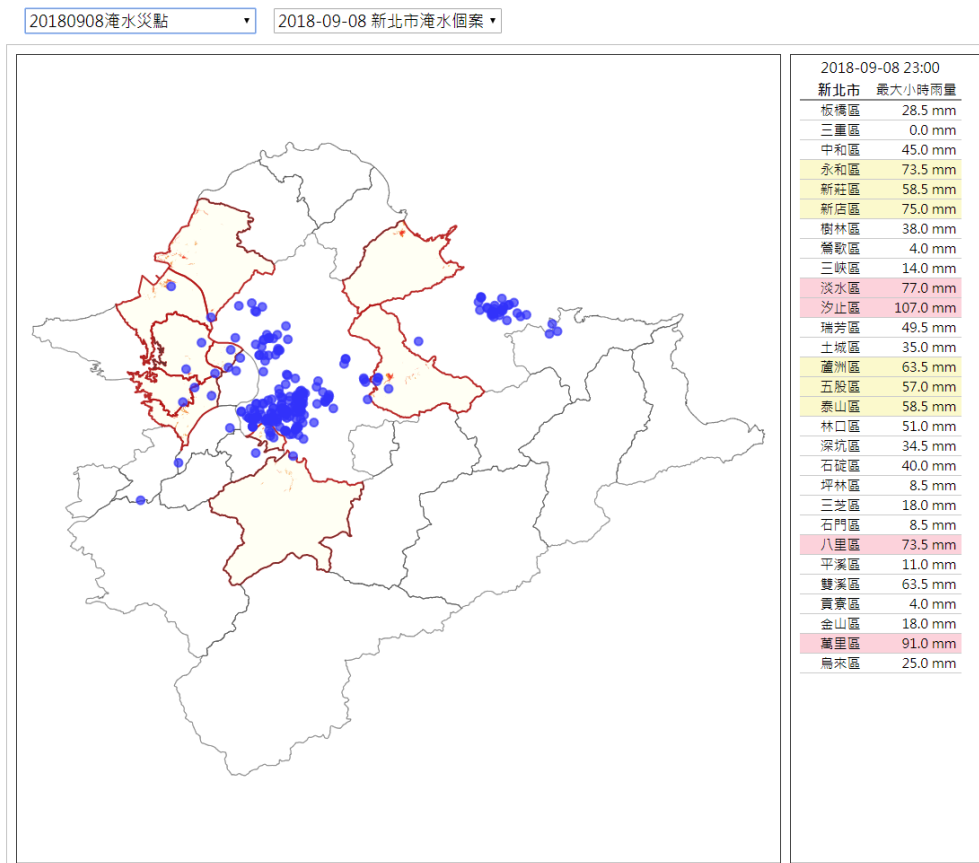


圖 16 淹水潛勢快速研判圖，可套疊歷史淹水災點(藍點)，進行可能淹水區的辨識

### 2.3 關鍵交通設施災害預警技術

台灣高鐵列車行進會受強風與豪雨影響，尤其是颱風侵台時影響更明顯。台灣高鐵公司為加強安全預警，針對高鐵路線上 21 個強風影響點與 18 豪雨影響點位進行監測。配合此需求，利用系集預報的雨量與風力建置預警燈號系統，希望能提供有多預警資訊，降低台灣重要交通路網的災害危害度。

#### 一、 高鐵預警技術開發系統架構

技術開發架構如圖 17 所示。基礎資料使用高鐵全線路線及高鐵

風速監控站(21 站)與高鐵雨量監控站(18 站)，以及相對應風速及雨量警戒值。預報資料整合本中心及氣象局系集預報資料，分別針對雨量及風速監測站點進行分析，然後彙整進入關聯式資料庫。每日更新四次模式預報結果，並分別取得各組系集模式中的逐時預報雨量與地面 10 公尺風速資料。之後進行對應網格點統計計算，得出每 3 小時一筆的預警資訊。最後採用地理資訊視覺化設計，透過網頁展示提給台灣高鐵及相關監測人員分析參考。

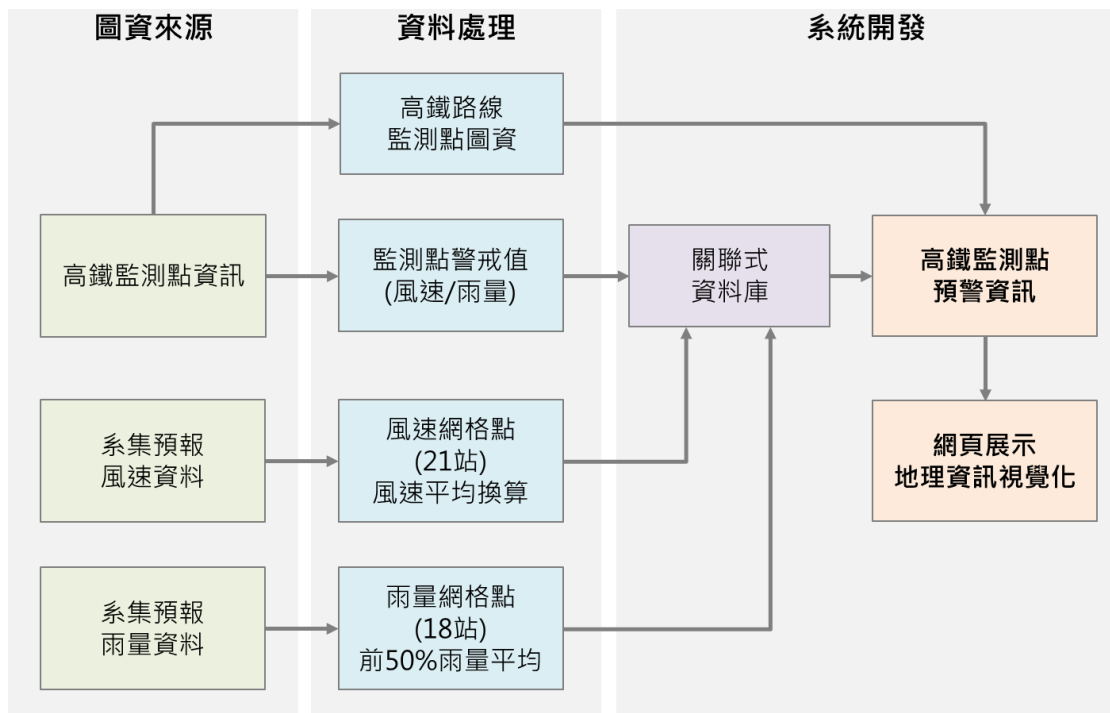


圖 17 高鐵預警技術開發架構流程圖，分為圖資、資料處理、系統開發三部分

## 二、風速警戒值評估方法

風速警戒值評估使用的是陣風資訊，從過去的歷史風速資料中，統計得出高鐵 21 站點陣風與平均風的關係式如下：

$$\text{陣風} = \text{平均風速} \times 1.44 + 2.89 \quad (\text{式 } 1)$$

高鐵風速監測站點資訊如圖 18 所示，從 21 個站點的經緯度可以得到該站點與系集模式匹配的網格點，計算得出網格點的平均風速後，再套上陣風關係式(式 1)得到陣風數值。之後判斷 3 小時內可能達到的警戒值，並將陣風數值分成三個等級進行示警作業(表 5)。

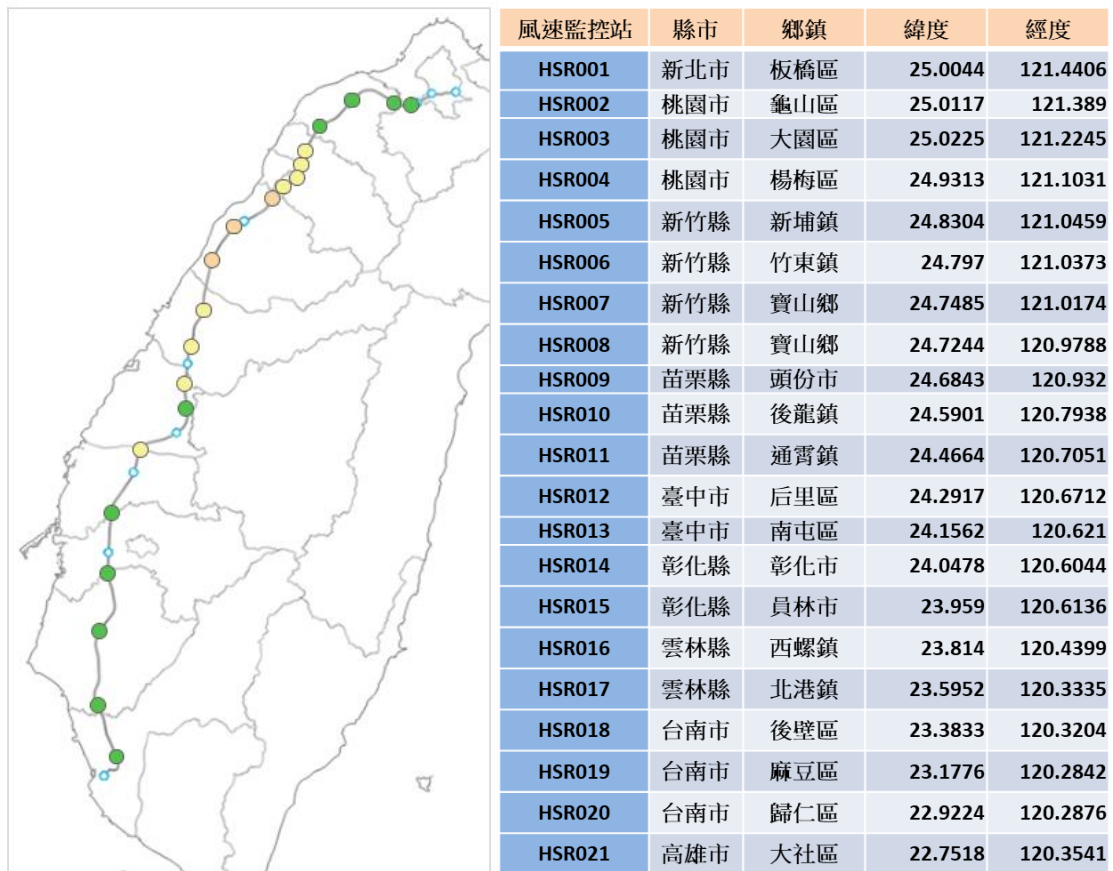


圖 18 左圖為高鐵路線及風速監測站點位置，右表對應的監測站資訊，包含編號、所屬鄉鎮及經緯度資訊

表 5 高鐵警戒風速分級列表

警戒分級	陣風風速(m/s)
黃色警戒	20~25
橙色警戒	25~30
紅色警戒	>30



### 三、雨量警戒值評估方法

雨量警戒值使用的是系集雨量資料，包含本中心系集與氣象局系集模式共 36 組雨量預報資料。並從 18 個高鐵雨量監測站的經緯度資訊(圖 19)，得到該站點與系集模式鄰近的網格點，將全部系集取出前 50%的數值進行平均，用來估計該站點未來的高風險雨量值。

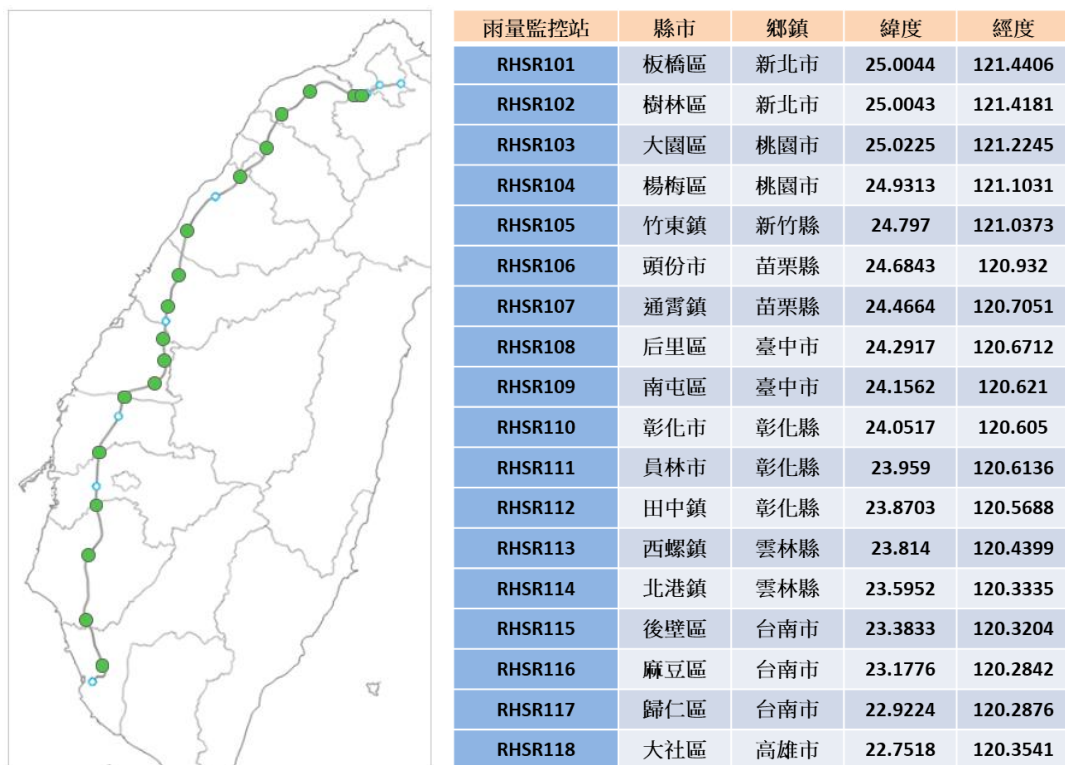


圖 19 左圖為高鐵路線及雨量監測站點位置，右表對應的監測站資訊，包含編號、所屬鄉鎮及經緯度資訊

雨量警戒分級方法採用 24 小時累積雨量與小時雨量兩種時間區間定義，在單位時間內最大可能降雨量進行警戒值研判。高鐵警戒雨量分級標準如表 6 所示：



表 6 高鐵警戒雨量分級列表

警戒分級	雨量標準 1	雨量標準 2
黃色警戒	時雨量 35mm 或 24 小時累積雨量 160mm	時雨量 25mm 且 24 小時累積雨量 130mm
橙色警戒	時雨量 45mm 或 24 小時累積雨量 180mm	時雨量 35mm 且 24 小時累積雨量 150mm
紅色警戒	時雨量 50mm 或 24 小時累積雨量 250mm	時雨量 40mm 且 24 小時累積雨量 200mm

四、 高鐵預警產品介面

系統介面分為兩個區塊(圖 20)，左方為高鐵路線地圖，高鐵的監測站點會標上綠色圓點，如果該站點的預報資料有達到警戒標準，會標上不同顏色(黃、橙、紅)區分影響的嚴重程度，滑鼠移動到該點上方會顯示該站點的資訊及代表行政區。

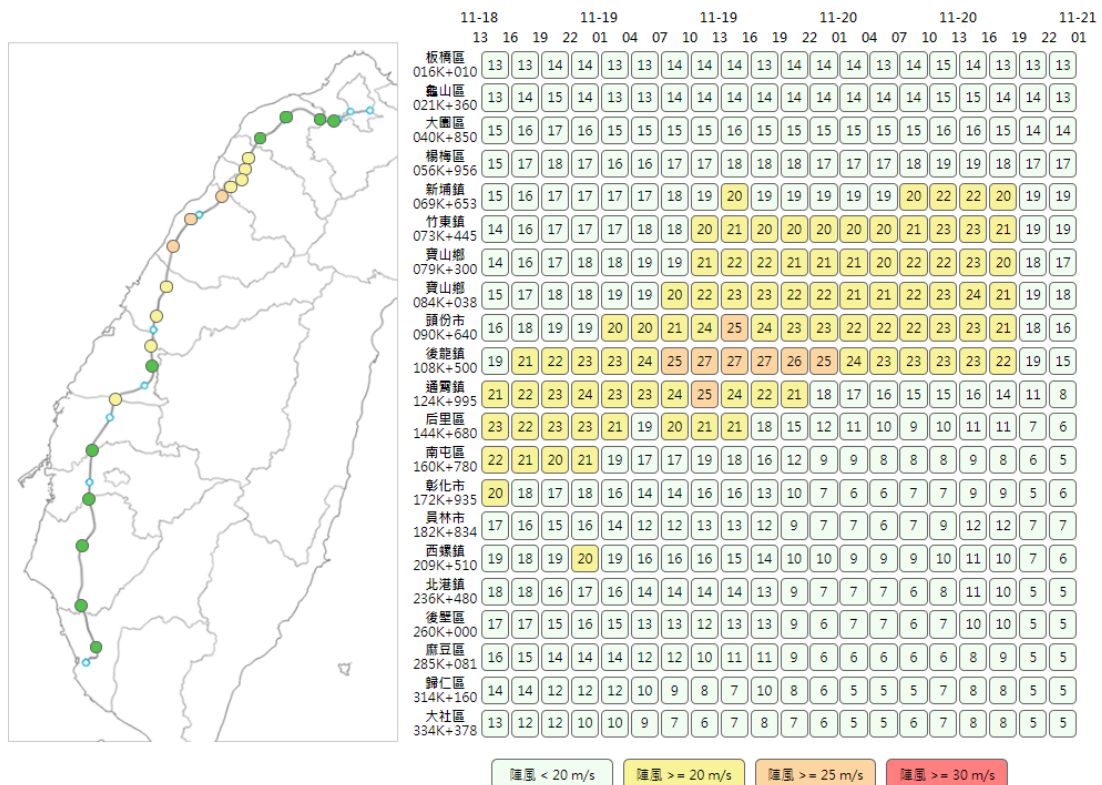


圖 20 高鐵風速及雨量示警產品，介面包含左方路線地圖及右方預報的時序資料，達到示警標準的站點及時間區間會標上顏色(黃->橙->紅色)

右方列表為預報的數值資訊，橫軸為預報時間(每 3 小時一筆資訊)，縱軸為監測站點名稱，達警戒值的時間區段會依照標準填上不同顏色。後續提供給高鐵監控人員進行相關致災高風險可能時間研判，與防災緊急應變參考。

## 第三章 災害監測與預警技術開發

### 3.1 3D 視覺化展示技術

隨著氣象觀測技術的進步及監測分析系統的開發，台灣也逐步提升與建置新氣象觀測技術儀器，以強化台灣區域型的氣象災害監測能力。其中，防災降雨雷達是近幾年開始規劃與建置的氣象監測儀器。因為氣象雷達可監控三維高時空解析度的系統，對於台灣劇烈降雨研判是一種很好的工具。一般氣象雷達監測仍以二維平面展示垂直方向上最大回波資訊，因此無法透過平面圖了解對流系統垂直發展高度。雖然雷達資料本身是三維資訊，但除非是專業人員，在資料的使用及繪製上是相對困難，在防災應用上，因缺乏完整的立體結構及地理資訊，可能會造成分析上的誤判。針對此議題，本中心彙整台灣所有的雷達即時觀測資料，並利用美國國家大氣研究中心(NCAR)開發的 3D 視覺化軟體(VAPOR, Visualization and Analysis Platform for Ocean, Atmosphere, and Solar Researchers)，進行繪圖及動畫製作，提供完整的三維回波及地理資訊的整合顯示，以滿足防災決策上的空間分析需求。

#### 一、 3D 視覺化跨平台整合技術架構

配合雷達即時資料的三度空間分析與展示的技術開發，需建構跨

平台整合的自動化模組。設計跨平台架構可分為三部分(圖 21)，資料處理包含龐大的雷達資料處理與三度空間資料合成；視覺化模組則利用跨 Windows 及 Linux 系統架構技術，配合電腦自動化控制流程製作 3D 動態影片；展示模組利用網頁設計展示不同的 3D 視角影片。

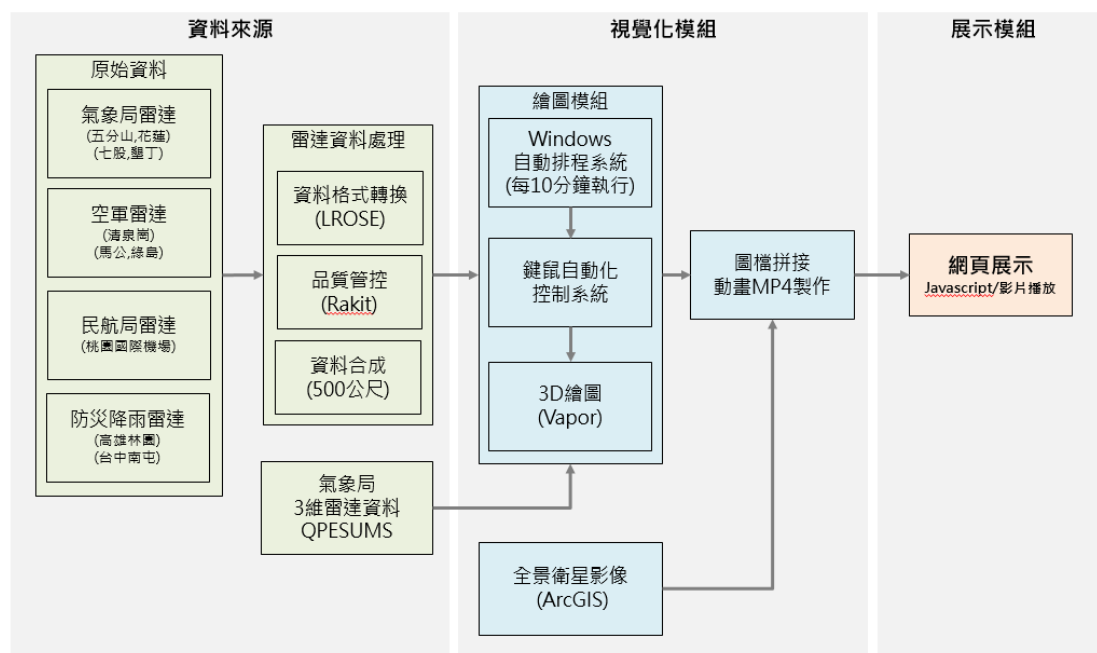


圖 21 3D 視覺化系統開發流程架構圖，架構分為資料來源、視覺化模組、展示模組

資料部分收集全台各單位的雷達資料包含氣象局 4 座作業雷達、空軍 3 座 C-Pol 雷達、桃園機場雷達 1 座與 C-Pol 防災降雨雷達 2 座，共 10 組雷達資料。由於每座雷達的資料品質與定位座標都不相同，必須先經由座標轉換與資料品質處理，才能進行三度空間的資料整合。座標轉換步驟使用美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)發展的雷達資料處理開放軟體 LROSE(Lidar Radar Open Software Environment)進行資料轉換及

網格化，並使用 NCU 的雷達資料品管軟體(Rakit)進行資料除錯作業。最後將全台 10 座雷達資料統一內插成三維網格座標，水平解析度為 0.005 度(約 555 公尺)。另外也有收集氣象局 QPESUMS 處理過的網格資料，水平解析度為 0.0125 度(約 1300 公尺)，作為不同解析度的展示需求使用。

3D 視覺化技術使用美國國家大氣研究中心(NCAR)開發的 3D 展示軟體 VAPOR 繪製。該軟體操作方式(圖 22)僅能使用手動方式控制，無法自動化完成 3D 圖像製作。因此使用 Windows 的任務排程與電腦自動化控制技術，完成自動化圖像繪製。

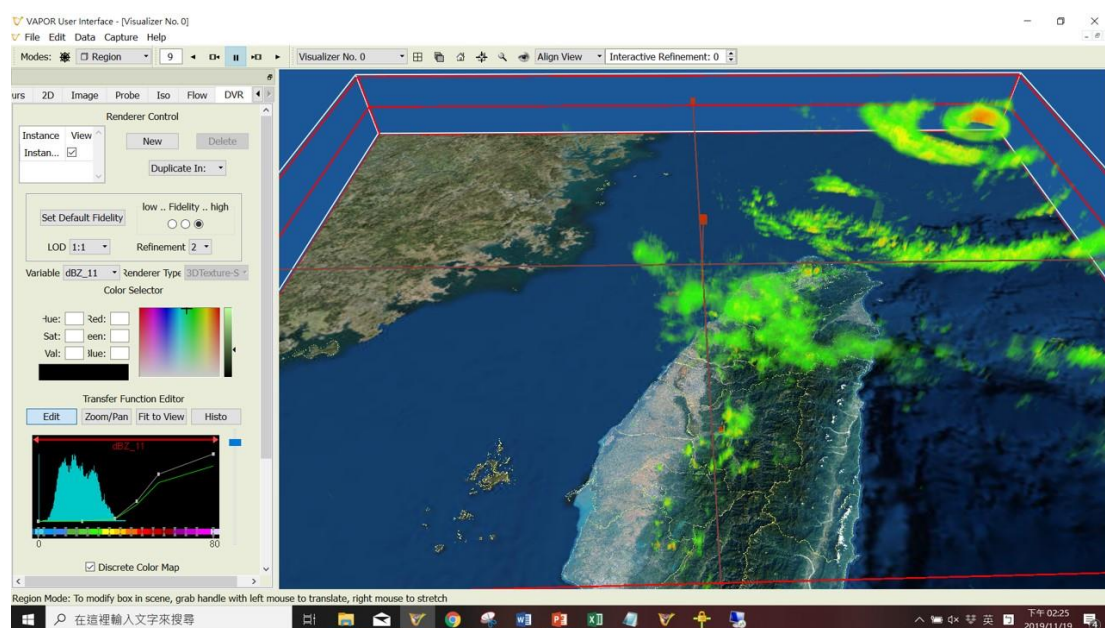


圖 22 VAPOR 軟體的操作介面，可以讀取多種三維資料，進行不同色階、透明度及視角的繪圖

跨平台的部分，由於雷達資料處理與動態影片製作皆在 Linux 系統平台上開發，因此透過網路串接不同系統平台，並開發不同處理步

驟的自動化程序。串接步驟從雷達三維資料轉化為 3D 繪圖所需的檔案格式後，透過網路導入 MSDOS 鍵盤滑鼠自動化控制系統，輸入預設的視角、色階等設定，定時繪製選定視角的三維立體回波圖。之後將不同視角的三維回波圖回傳至 Linux 系統進行 3D 動態影片之製作。另外，為了達到地球曲面地形的視覺效果，也將此三維回波圖套疊上地理資訊系統 ArcGIS 處理過的衛星地圖，再製成一小時至三小時的動畫，以達到更好的視覺化成果。詳細的跨平台自動化技術，請參閱「雷達資料自動化 3D 繪圖操作手冊」(吳等，2020)。服務模組部分，為了讓資訊能夠快速傳遞且容易遠端取得，使用網頁呈現，並且每 10 分鐘自動繪製展示最新的全台雷達 3D 圖，可做為即時研判使用。

## 二、 展示介面

展示介面如圖 23 所示，每 10 分鐘收集雷達資料，進行繪製加值作業後，會放到網頁上展示。上圖為展示介面，自動更新最新的動畫資料，左上角會顯示時間資訊。右下方可以開啟選單(圖 23 右)，會顯示過去 2 天內每小時的繪製成果，提供相關人員進行檢視。

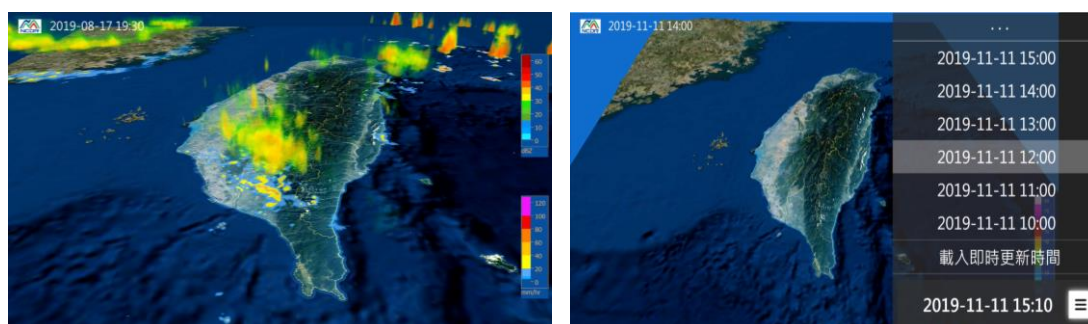


圖 23 3D 展示介面，每 10 分鐘更新的資料會自動繪製成動畫檔上傳，又方列表



可以選取過去 3 天每小時間隔的動畫檔案

雷達 3D 視覺化模組為了能提早在颱風生成守勢時進行繪製，預先使用今年汛期個案規劃範本，開發設計相關視角並建置範本選單介面，目前已完成 58 組範本。在颱風應變期間，依最可能的預報路徑選取出 3 個可能效果較佳者，視颱風特性和需要將範本微調後，在海上颱風警報發布前提早啟動，導入即時資料自動展示模組。

選單模式如圖 24，左方小選單會顯示是先跑好的樣本截圖，滑鼠點選之後，右方主圖區會撥放該樣本的動畫資訊，方便應變決策者選擇要使用的模組。

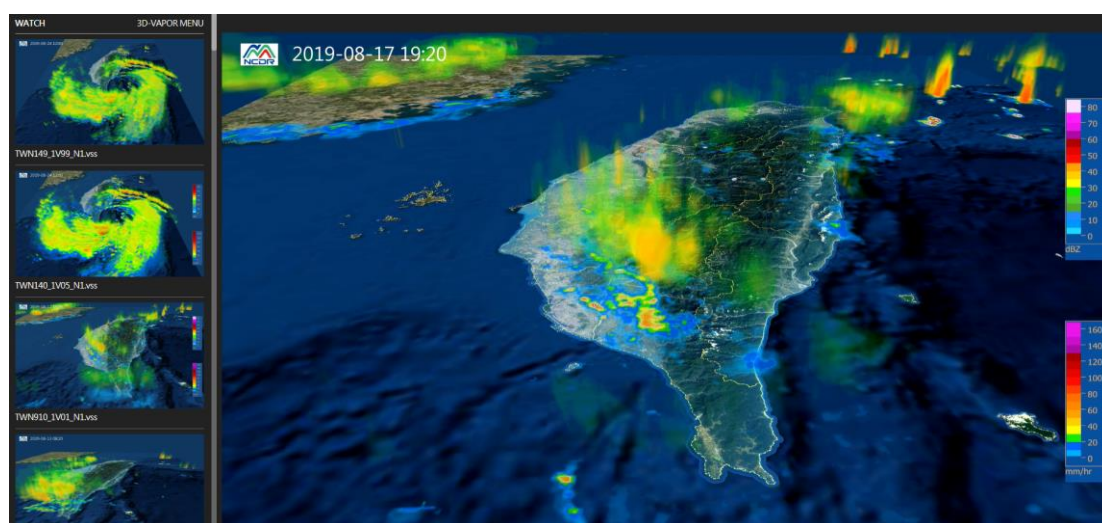


圖 24 3D 應變模組選單，以過去歷史事件製作的範本

### 3.2 颱風路徑與雷達回波整合系統

雷達於颱風應變期間提供很完整的降水資訊，但是氣象局提供的資料中，雷達跟颱風路徑資料是分開呈現的。為了使災害評估更為方便確實，本中心嘗試將上述兩組資料進行整合，重新繪製成動畫並放

在網頁上展示，希望能提供給防災人員更方便使用的評估系統。

### 一、 整合開發技術架構

資訊整合技術彙整雷達及氣象局官方路徑資料，建置一套適合颱風監測分析的視覺化圖資。整合開發架構分為三部分(圖 25)。圖資來源使用氣象局開放資料(Open Data)上取得颱風官方路徑資料，該資料颱風點位的更新時間依颱風警戒發布不等。尚未發布颱風警報時，颱風路徑每 6 小時更新一次。發布陸上颱風警報後，則為每小時更新。為了配合雷達資料的更新頻率及繪圖的連續性，將路徑經緯度資料進行 10 分鐘內插。雷達回波資料使用氣象局 QPESUMS 的二維雷達資料，並使用氣象繪圖軟體將此雷達資料與上述內插完的颱風路徑資料進行整合繪圖，之後再疊上地理資訊系統 ArcGIS 處理的衛星地圖。最後製作成動態 GIF 及 MP4 影片格式，即時上傳到網頁展示介面。

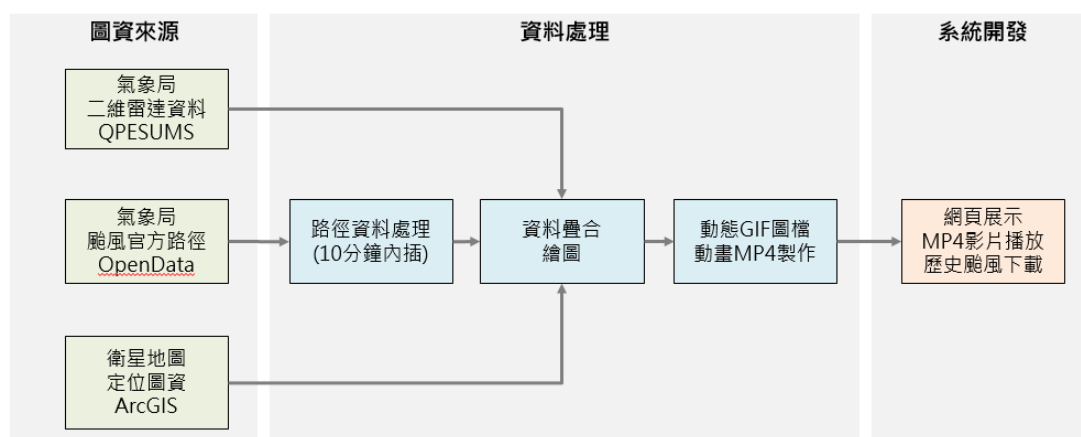


圖 25 颱風路徑與雷達回波整合系統開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示



## 二、圖資展示介面

圖資展示部分，以每小時會更新一次動態資料，將過去 12 小時雷達與路徑製作成一筆動畫資料，放在主圖區自動撥放(圖 26)。並在下方提供三種格式選單(MP4、低解析 GIF 及高解析 GIF)，使用者可以依照需求，自行下載所需要的檔案

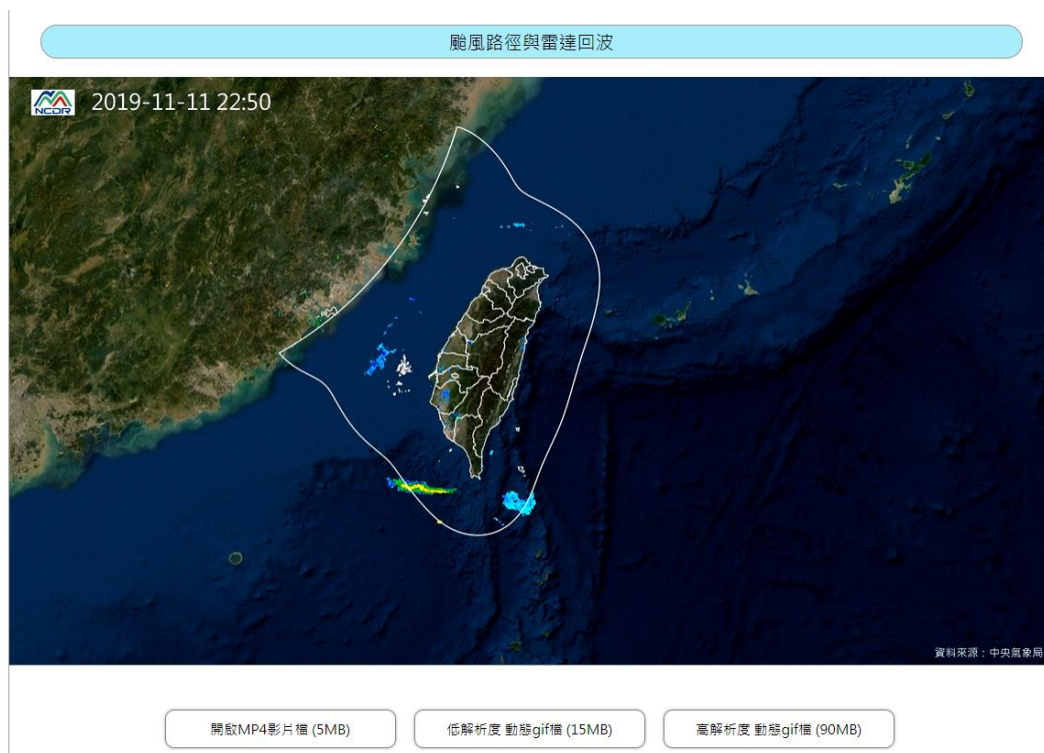


圖 26 颱風路徑與雷達回波整合，即時資料顯示

在颱風事件結束後，彙整該事件所有繪製的整合圖(圖 27)，製作成一筆颱風個案歷程動畫檔案(GIF 格式)，目前已完成丹娜絲颱風、利奇馬颱風、白鹿颱風及米塔颱風四個事件的檔案，提供給相關人員下載研究使用。

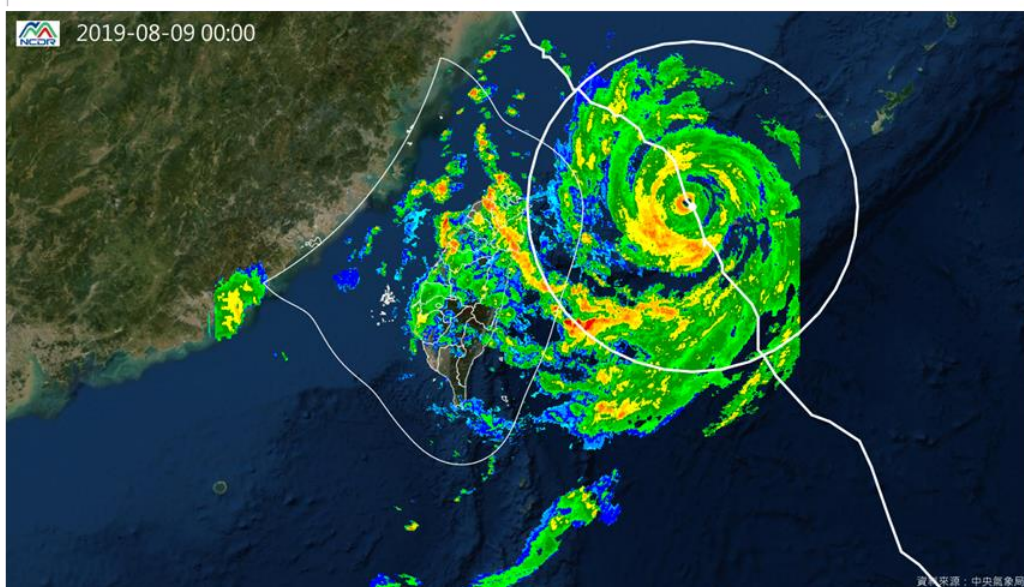


圖 27 颱風路徑與雷達回波整合，歷史個案檔案

### 3.3 雷達與閃電應用之強降水預警系統

根據過去台灣閃電與降雨的研究，劇烈天氣常伴隨閃電發生，閃電頻率高的地區經常伴隨強烈對流及降雨，研究也指出閃電躍升對於午後對流地面監測有領先的機制(Schultz et al., 2009；Gatlin and Goodman, 2010；戴等 2015)。因此，本中心嘗試結合雷達資料與閃電觀測數據，進行空間密度的換算，進而得出一組監控指標，希望能對台灣地區的強降水警戒即時判識提供指引。

#### 一、 預警技術開發架構

短延時強降雨預警方法中，目前仍以快速更新的監測資料為主要的技術開發項目。由於閃電觀測與雷達觀測都有很高時間的更新頻率，因此透過整合兩種觀測資訊，期望能開發一準確性更高之強降水的預

警指標。規劃技術開發架構分為三部分(圖 28)。資料部分，包含三維雷達資料與閃電資料。雷達資料使用與 3.1 節的全台雷達整合資料相同，10 組雷達觀測合成的三維資料，資料水平解析度為 0.005 度。閃電資料整合台電與氣象局的即時資料，並統計空間密度。計算結果放入關聯式資料庫，配合雷達網格資料進行指標計算，根據計算結果得出需要示警的鄉鎮區，再利用地理資訊視覺化技術使用監測網頁介面展示。

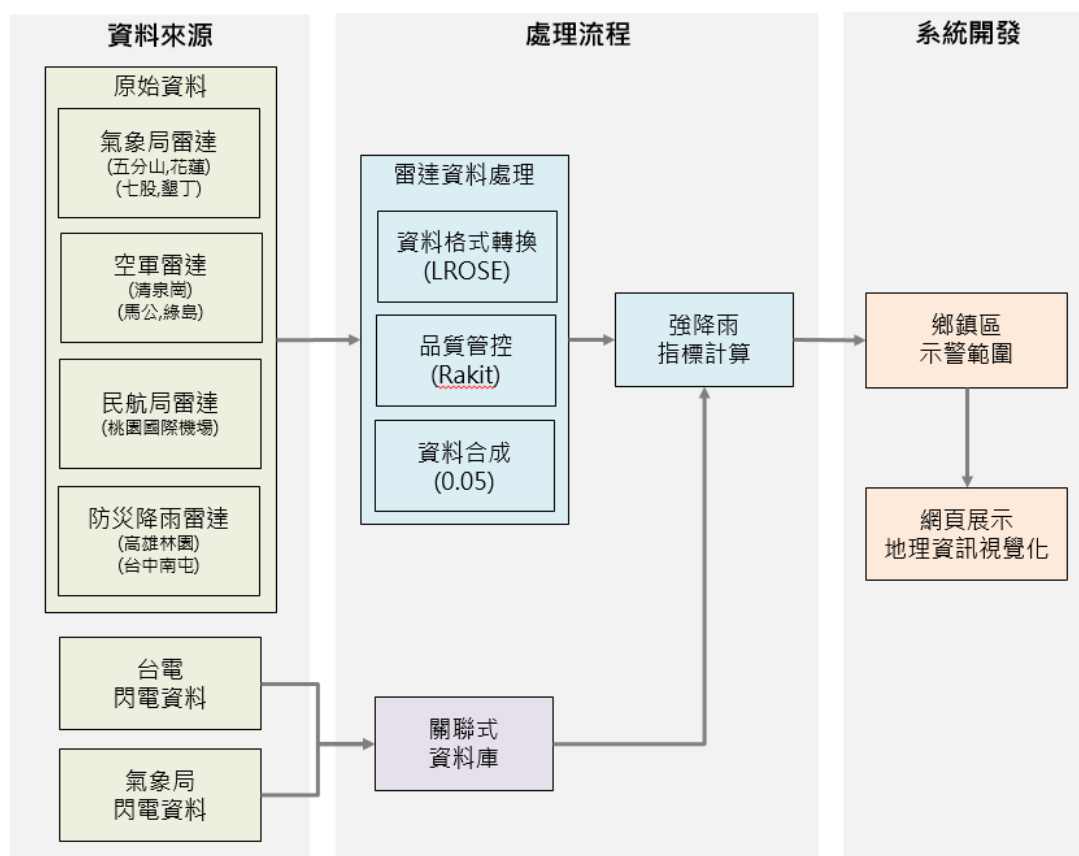


圖 28 強降水預警系統開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示

## 二、 強降雨預警指標計算方法

強降雨預警指標採用雷達回波強度與閃電發生的次數的統計相關性，做為指標進行研判技術開發。雷達資料從 0.005 度的網格點中取出 20×20 的網格範圍(大約為 100 平方公里)作為單位面積，並設定該面積內雷達回波平均值 40dBZ 為預警基本門檻。閃電資料可以分成雲內跟雲地兩種，以雷達回波單位面積範圍內的雲內/雲地閃電數及總閃電數的計算，計算該區域的閃電密度(閃電數/100 平方公里)，並依據閃電密度進行分級，預警等級與閃電密度參考表 7。詳細計算方法，請參閱「氣象雷達於短延時強降雨之監測與預警技術開發」(廖等，2020)。

表 7 強降雨預警等級表，含雷達回波強度與閃電密度標準

等級	雷達回波	雲內閃電	雲地閃電	總閃電
高	40 dBZ	密度 $\geq$ 1	密度 $\geq$ 1	密度 $\geq$ 1.2
中	40 dBZ	0.5 $\leq$ 密度 $<$ 1	0.5 $\leq$ 密度 $<$ 1	0.6 $\leq$ 密度 $<$ 1.2
低	40 dBZ	密度 $<$ 0.5	密度 $<$ 0.5	密度 $<$ 0.6

### 三、強降雨預警展示介面

由於強降雨預警技術是基於雷達回波網格資料進行開發，但是網格資料缺乏地理行政區資訊，對於使用者而言不易研判。因此預警展示設計，透過網格與行政區的空間關聯轉換至鄉鎮區單元，之後再進

行預警資訊的提供。展示介面(圖 29)分為左右兩部分，左圖為網格指標計算結果，針對雷達回波大於 40dBz 的網格標上底色，再利用不同的顏色區分閃電密度(綠色:無閃電、橘色:低密度、紅色:中密度、紫色:高密度)。依據指標計算結果，將需要示警的鄉鎮區標示於右方的地圖區，將滑鼠移動到地圖上可顯示鄉鎮資訊及警戒程度。

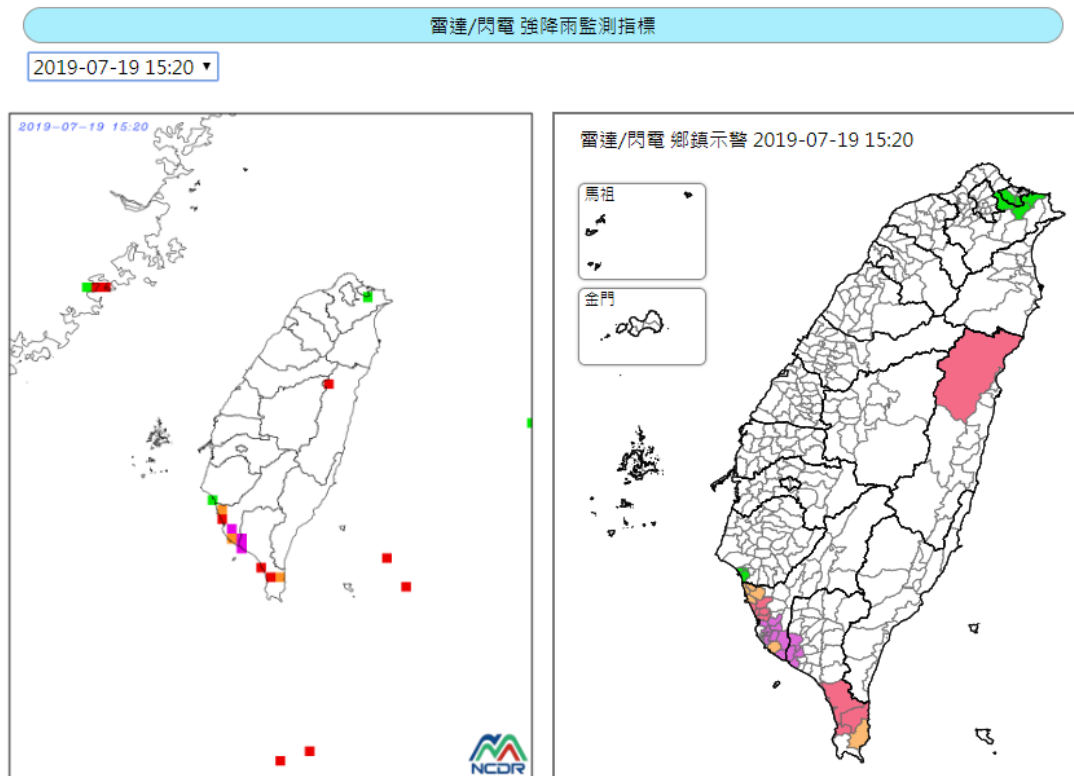


圖 29 強降水預警展示介面，左方為閃電雷達指標計算結果，右方為鄉鎮區的示警範圍

### 3.4 豪大雨應變標準統計

今年度豪雨應變中心開設標準變更，由原來觀測雨量達 7 以上縣市達豪雨及 3 以上縣市達大豪雨的開設標準，改成預報雨量達上述標準即開設中央應變中心。配合此標準變更，透過氣象局豪大雨預警發



布的開放資料介接進行統計，提供中央防災人員了解氣象局預報是否達應變中心開設標準。

### 一、 架構說明

蒐集氣象局發布的豪大雨特報資訊，進行統計與展示，提供給防災人員進行應變開設標準判斷，系統架構分為三部分(圖 30)。氣象局開放資料(Open Data)有兩組豪大雨特報資料，分別為縣市單位特報及鄉鎮單位的豪大雨特報。但兩組資料屬性不同，部分特殊狀況下，則無豪大雨特報資料。例如，縣市豪雨特報是由氣象局開放資料中「天氣特報」提供，當颱風警報發布後，天氣特報則會以颱風警報為主，缺少豪雨特報資訊。為避免特殊狀況下，如果只使用單一種特報，會造成資料鏈的缺失，因此本中心擷取兩組特報資料互為備援，將所有特報資料的數據匯入關聯式資料庫，再進行達門檻值的縣市統計，並利用網頁展示。

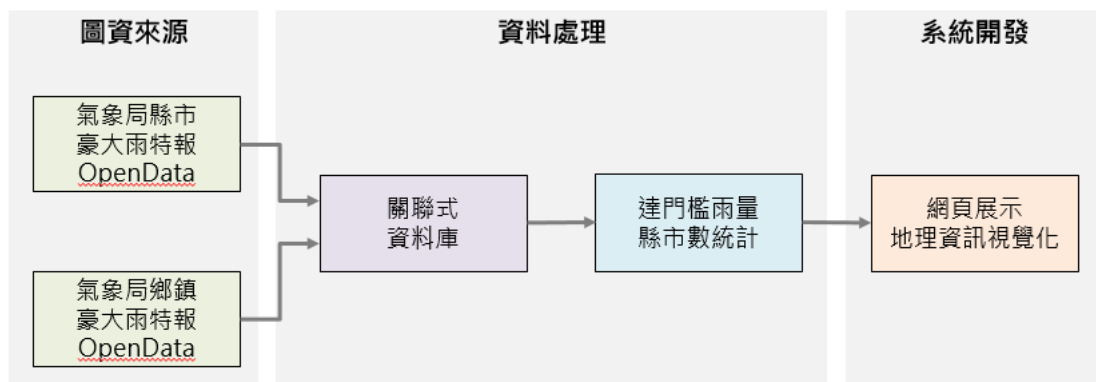


圖 30 豪大雨應變統計模組開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統開發

## 二、 資訊統計展示介面

展示介面如圖 31 所示，以氣象局豪大雨標準，區分超大豪雨、大豪雨、豪雨、黃色四個等級，以縣市達標準數量統計。第一行文字會顯示特報的發報時間及有效間期。圓圈為不同雨量分級的縣市數量，從圈內數字即可判定是否達到應變中心開設的標準。下方地圖是將有發特報的縣市標上底色，不同底色為不同雨量分級，左方列表列出所有發特報的縣市。

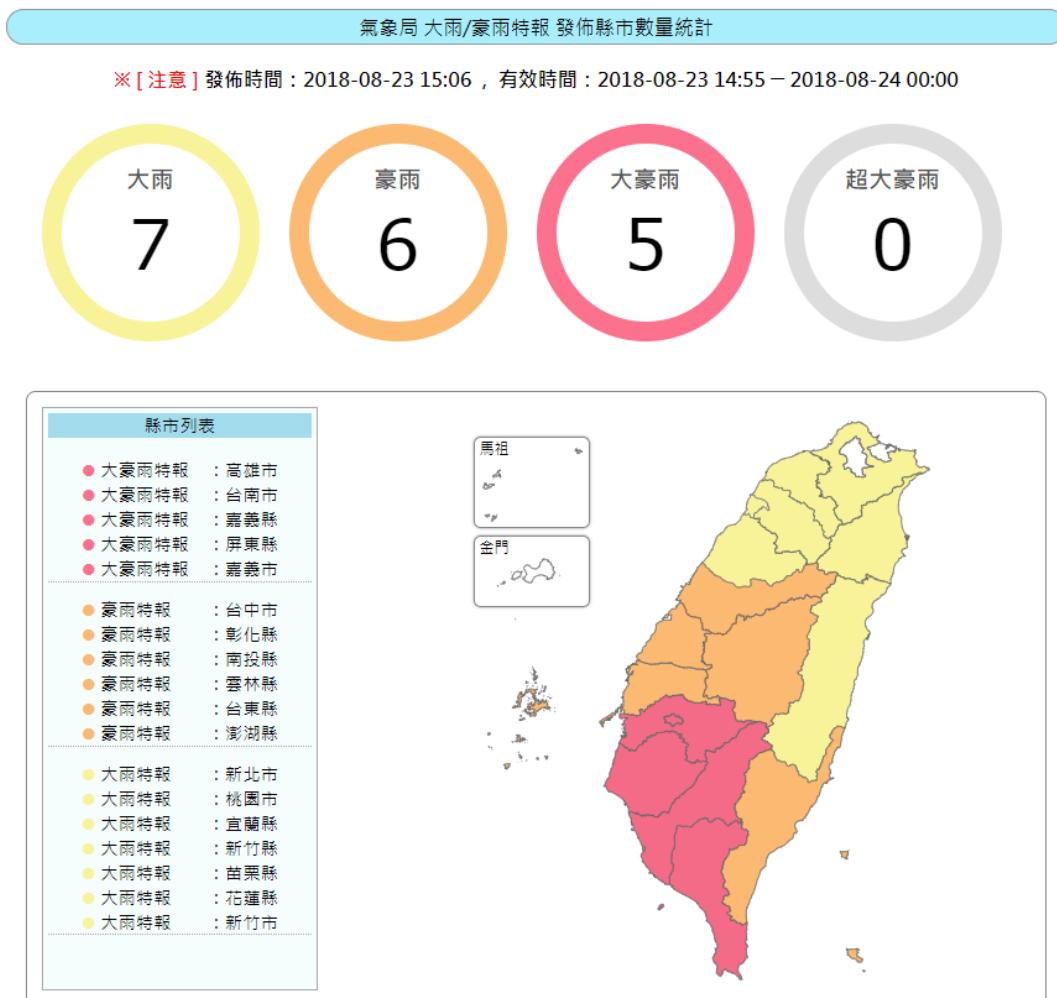


圖 31 豪大雨特報統計介面，上方為各降雨等級的縣市總數，下方地區圖標示個特報的縣市資訊

### 3.5 寒流指數與歷史農損統計

中央氣象局在預報作業上對寒流採用的定義，是以臺北站觀測到當日的最低氣溫做為天氣系統的認定，當氣溫低於 10°C 以下時，影響之天氣系統視為達到「寒流」等級。但寒流的衝擊影響需要考慮到影響範圍大小及影響時間長短，也就是說空間及時間決定了寒流衝擊程度。本中心嘗試利用測站日數指標(Station-Day Index, SDI)定義寒流影響程度，並計算過去寒流事件的 SDI 數值。與過去歷史農損資料匹配，希望能建置一指標與歷史農損相關性統計，提供給相關人員進行寒害評估與減災作業。

#### 一、 架構說明

寒害指標 S D I 計算與農損統計展示介面，開發的系統架構可分為三部分(圖 32)。首先建立歷史事件的資料庫，從農糧署收集過去的農業損失資料(從 2004 迄今)，針對成因分為寒流及非寒流兩類，並將農損類別分為食用作物及花卉與其他兩大類型。在收集氣象局局屬測站的歷史溫度資料，進行測站日數指標計算(詳細計算方法請參閱「農業專區寒害預警系統建置之先期研究」)，得出歷史寒流事件的規模數據(SDI)。彙整上述農損資料及寒流指數放入關聯式資料庫。

每天更新一次氣象局局屬溫度資料及 7 日預報資料，計算寒流事件規模數據(SDI)，然後比對歷史事件的規模數據，尋找接近該規模



的事件，將搜尋到的事件的統計結果用網頁介面展示。

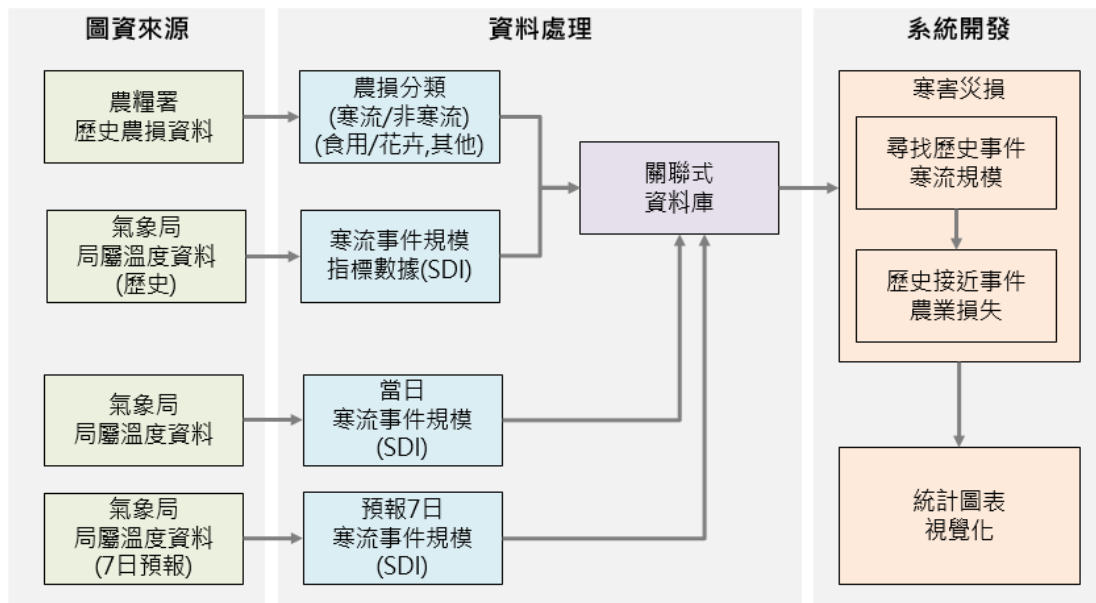


圖 32 寒害指標與農損模組開發的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示

## 二、 統計查詢介面

展示介面分兩個區塊，第一部分為低溫測站日數指標，將 SDI 的計算結果放入圖 33 左圖，淺藍底色區為前面 23 天的歷史觀測值，右方白底色區為 7 日的預報數值，紅色縱線會標示出這 30 天內的最大值，也就是寒流影響最強的數據，然後右方列表會依照該數值，將接近的寒流歷史事件列出。右上方也可以手動輸入想要查詢的 SDI 值。

第二部分為歷史農業災損統計(圖 34)，從第一部分自動選出最接近的事件，將該事件整季的農損資料進行統計繪製成圓餅圖，可點選第一部分的事件表單選擇不同的事件進行統計，也可以點選第二部分上方選單搜尋不同年份及季節的統計數據。圓餅圖分為兩組資料呈

現，上方標題會註明統計的時間區間，左方為食用作物的統計數據，右方為花卉與其他類別的統計結果。圓餅圖中間總和該事件的總損失金額，可從上方農損統計選單選擇不同類型的災損(寒害、非寒害及全部農損)。

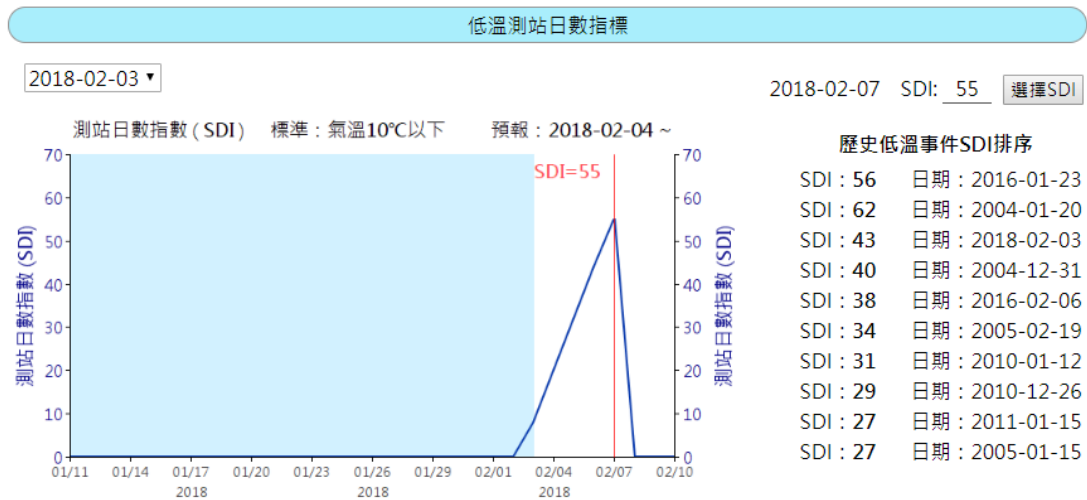


圖 33 寒害 SDI 介面，左方為計算的 SDI 數值(藍線)，淺藍底色為觀測，白底區為預報資料，紅線標明最大的 SDI 數據。右方為最接近最大 SDI 值的歷史事件

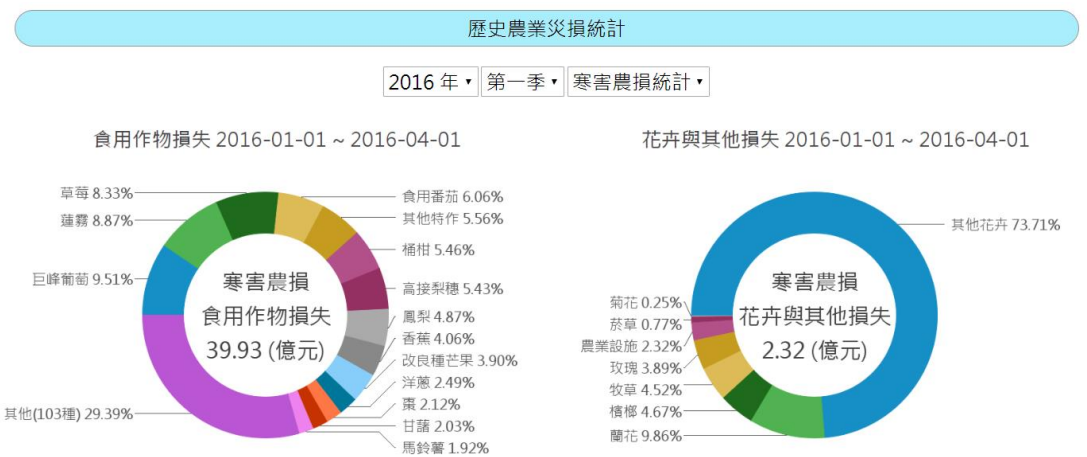


圖 34 歷史農業災損統計介面，左方圓餅圖為食用作物統計，右方圓餅圖為花卉與其他類型的統計。上方選單可以手動選取不同時間區間及不同的災害類型(寒害/非寒害/全部農損)

### 3.6 登革熱病例歷史統計分析

登革熱疫情是台灣夏天嚴重的疾病災害，其病媒傳播與氣候條件有相當關連性，但其影響因素也相當複雜。為了解氣候或天氣條件與病例發生的關係，嘗試透過建構登革熱歷史與即時病例資料庫，初步分析季節與年際間的分布，建立未來研究病例與氣象關聯的基礎統計資料。

#### 一、 架構說明

統計分析資料，收集衛服部疾病管制署開放資料(Open Data)的登革熱病例資料，以及氣象局自動雨量站觀測數據進行分析。開發架構如圖 35 所示。將兩組資料彙整放入關聯式資料庫並進行空間上的分類，分別針對縣市、鄉鎮及村里統計。同時針對 1998 迄今的歷史資料進行年際及月份的統計。最後將上述統計結果利用地理資訊視覺化技術放到網頁上展示，提供給相關人員進行監測。

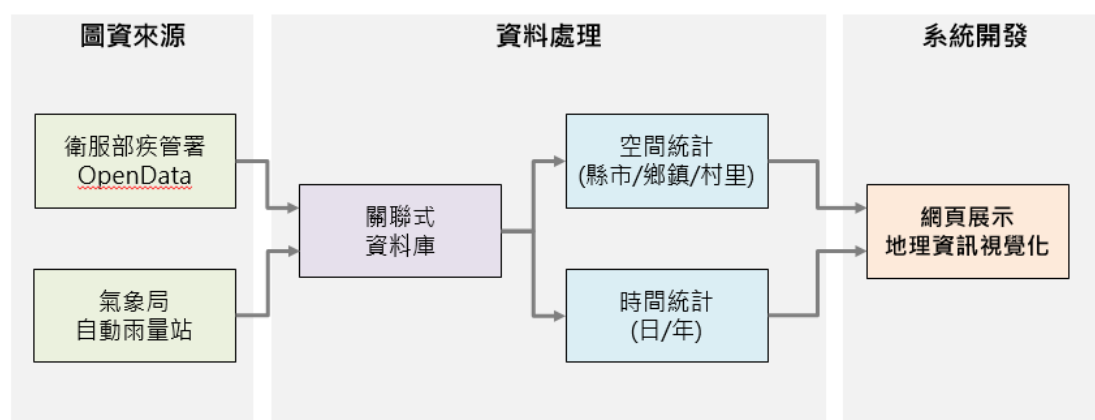


圖 35 登革熱歷史病例統計介面的架構流程圖，包含圖資來源、資料處理及系統展示

## 二、 統計查詢展示介面

展示介面可分為兩區塊，分別為時間上的病例統計，及空間上的縣市統計，相關監控人員可以從圖表上清楚了解目前疫情狀況與歷年比對情形。時間上的統計分為年際及月份（圖 36），年資料可以看出過往的病例總數，左方的灰圈數字顯示年際排序。月份統計顯示該年的統計數據，每 10 天會彙整為一組資料，從兩組列表數據中可以明瞭歷年的災情狀況以及目前疫情的控制程度。

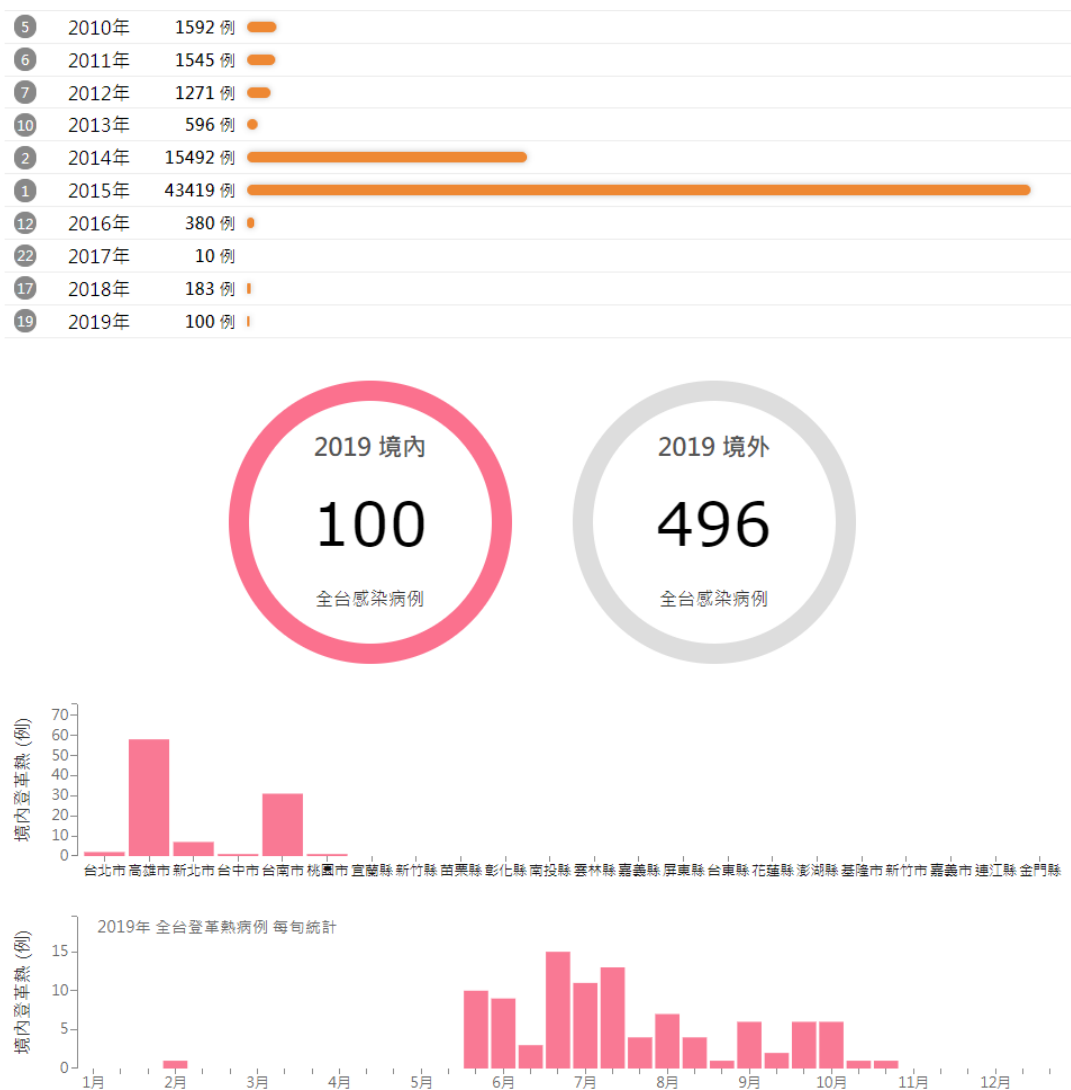


圖 36 歷史病例的年統計及旬統計資料，橘色為病例總數，灰圈為排序的結果

空間上統計如圖 37 顯示，左上角可以選擇縣市，右上角可以針對感染來源區選擇境內感染或境外移入兩種進行統計。主圖區會將過去 30 天內通報有感染的鄉鎮標上底色，顏色可以區分不同的感染數（黃色:1 例、紅色:2-9 例、紫色:大於 10 例），滑鼠移動到感染區上方會跳出該區域的感染數及最新的病例日期。右方列表會列出該縣市所有感染的鄉鎮區及統計病例數量，防疫相關人員可以從主圖區辨識疫情擴散狀況，分析需要投入防疫資源的鄉鎮，提高分配資源的效率，進而降低登革熱災情。

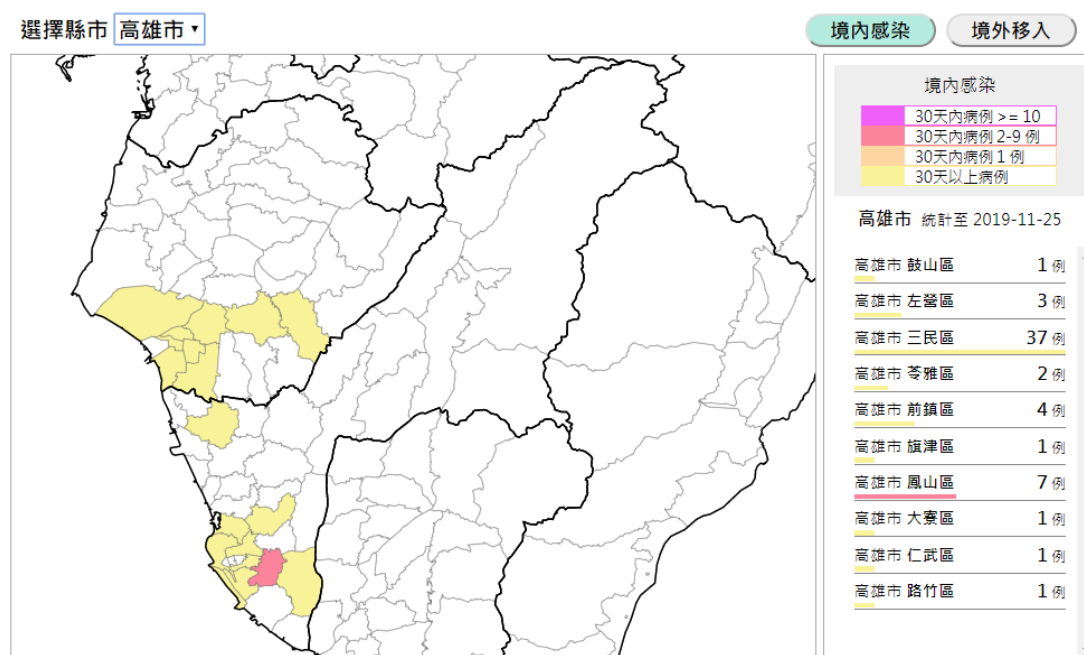


圖 37 病例現況的視覺化介面，上面選單可以選擇不同縣市及不同的感染來源，並以顏色區分不同的病例數

## 第四章 氣象模式預報服務產品開發

災害性天氣影響橫跨多種時間尺度，從數小時到數天的豪大雨及颱風等，以及數週到月以上造成乾旱的天氣系統所影響。在考量不同時間尺度預報需求之下，需選擇適合的氣象預報模式，才能進行最佳的預報訊息判斷。配合不同時間尺度選擇對應的氣象預報模式(圖 38)，目前針對 1-3 小時的短期預報，採用雷達及閃電觀測等監測判識計數、三維風場反演法、即時天氣預報與雷達資料同化預報等方法。3 天內的天氣預報，則利用系集預報方法處理預報不確定性問題。另外針對颱風預報則引進夏威夷大學颱風初始化法，強化颱風結構與路徑預報。3-14 天預報則使用全球模式與降尺度方法，提供 1-2 週的天氣與台灣水資源趨勢研判。

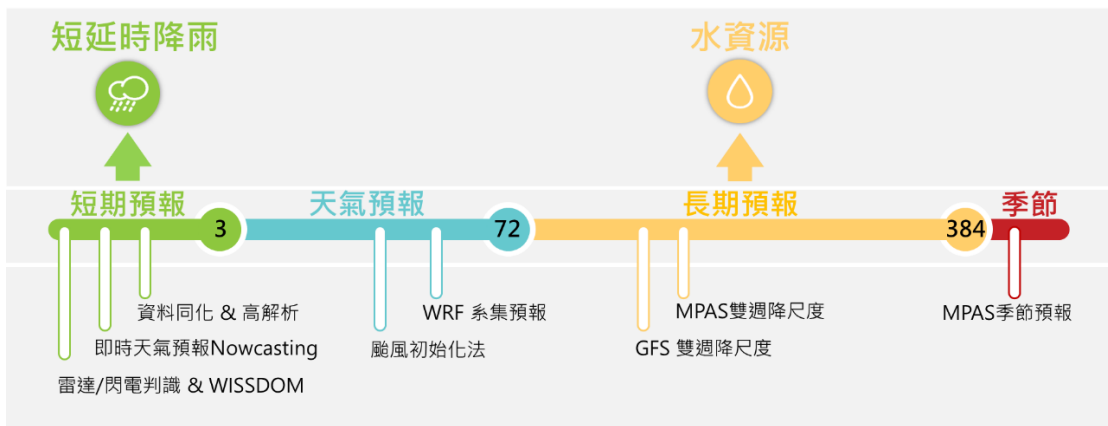


圖 38 不同時間尺度與對應氣象模式應用範圍示意

### 4.1 全球模式 MPAS 16 天預報

#### 一、 全球模式 MPAS 系統架構

MPAS 全球模式作業架構(圖 39)，主要分為「初始場」、「模式運算」、「應用與服務」三個部分。本中心自 2019 年 1 月起建置 MPAS 全球模式，版本為 5.1 版，至 3 月 7 日正式上線作業。MPAS 全球模式初始場使用 NCEP GFS 0.5 度分析場資料，由於本年度適逢 NCEP 模式改版，因此自 2019 年 9 月 26 日 00UTC 起，初始場資料轉換為 FV3-GFS 0.5 度分析場。MPAS 全球模式設計網格解析度為 60-15 公里的可變網格，每日進行四次預報，每次預報 384 小時，可涵蓋完整 15 天資訊。在應用與服務方面，根據不同使用需求，開發了不同種類的產品圖資。此外，為了解模式的預報成效，針對大尺度環流層場、降雨及颱風路徑預報，進行校驗分析。有關 MPAS 全球模式的詳細介紹與說明，可參考「跨尺度天氣預報系統開發暨颱風與豪雨預報技術研究」(徐等，2020)

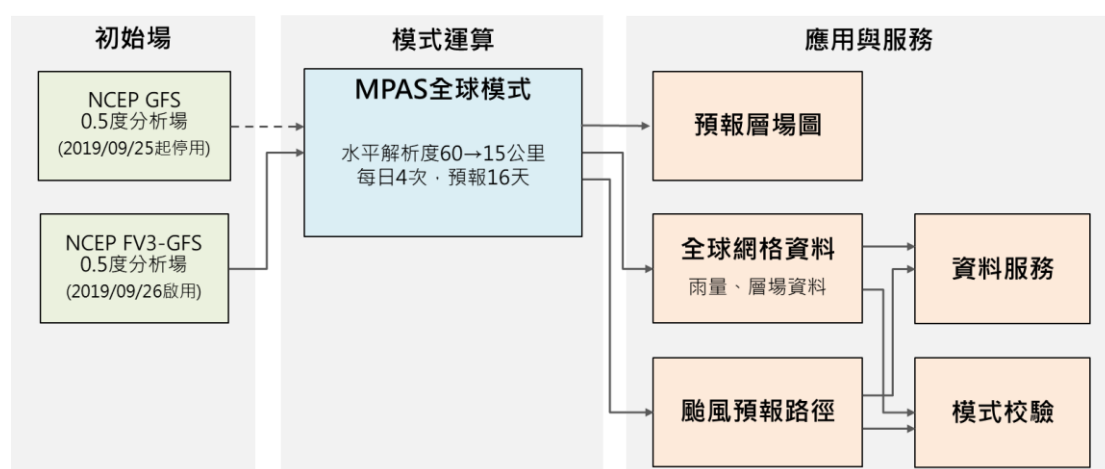


圖 39 全球模式 MPAS 預報系統與應用服務架構流程



## 二、 應用服務

本年度根據不同使用需求，開發了模式環流層場預報圖(包含全球及亞洲地區)、台灣及鄰近區域雨量預報分布圖、颱風預報路徑及南海季風指數時序圖等圖資產品，分別說明如下：

### (1) 亞洲地區及全球環流層場分析圖

本年度將 MPAS 全球模式預報之環流場依照不同氣壓層及變數，製作每 12 小時一張的環流層場圖，並分為「亞洲地區」及「全球」兩種不同的區域呈現。其中亞洲地區包含了 1000 至 200hPa 等七個不同的氣壓層場圖，及平均氣流、850hPa 混合比、850hPa 水氣場及低層水氣通量等 4 種變數場。而全球的環流場圖則有 925 至 200hPa、等五個氣壓層場圖，及海平面氣壓與 6 小時累積降雨變數圖。圖 40 分別為亞洲地區及全球環流場圖範例，而亞洲與全球環流場圖所包含的變數則如表 8 所列。

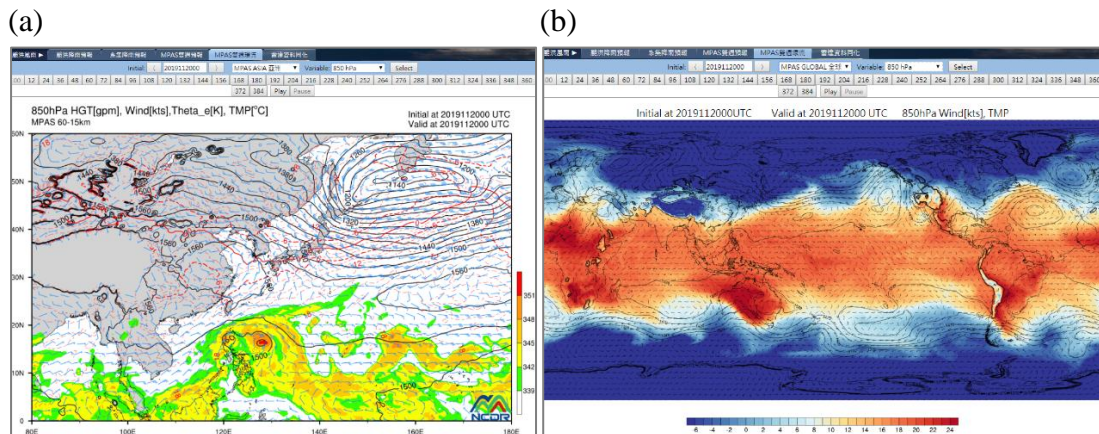


圖 40 (a)亞洲地區及(b)全球 850hPa 環流場圖



表 8 亞洲地區及全球環流層場圖名稱及所包含的變數表

圖資名稱	場量種類
亞洲地區	
200hPa	高度場、風場、輻散場
300hPa	高度場、風場、輻散場
500hPa	高度場、風場、渦度場
700hPa	高度場、風場、相對溼度、輻散場
850hPa	高度場、風場、相當位溫、溫度場
925hPa	高度場、風場、溫度場、穩定度
1000hPa	海平面氣壓、風場、1000-500hPa 厚度、可降水量
平均氣流	850-300hPa 平均氣流、850hPa 高度場、水氣通量
850hPa 混合比	高度場、風場、水氣壓、穩定度
850hPa 水氣場	風場、水氣通量
低層水氣通量	1000-850hPa 水氣通量
全球	
200hPa	風場
500hPa	高度場、渦度場
700hPa	高度場、相對濕度
850hPa	高度場、風場、溫度場
925hPa	風場、水氣壓
海平面氣壓	海平面氣壓、6 小時累積降雨

(2) 台灣本島及區域範圍降雨圖

針對台灣本島及鄰近地區的降雨，製作了預報第 1-15 天的每日

降雨分布圖，此產品提供水利署作為雙週水資源評估之參考。圖 41 是以台灣本島降雨為例之每日降雨分布圖的產品頁面，圖 42 則分別為台灣本島降雨及區域範圍降雨的圖例。

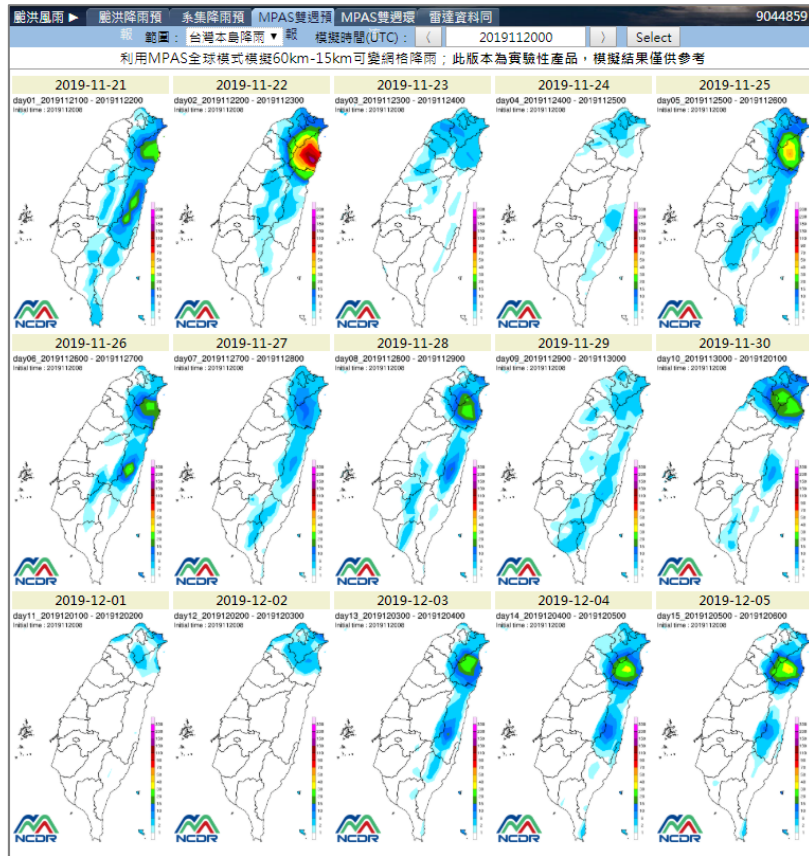


圖 41 MPAS 每日降雨分布圖產品頁面，以台灣本島降雨為例

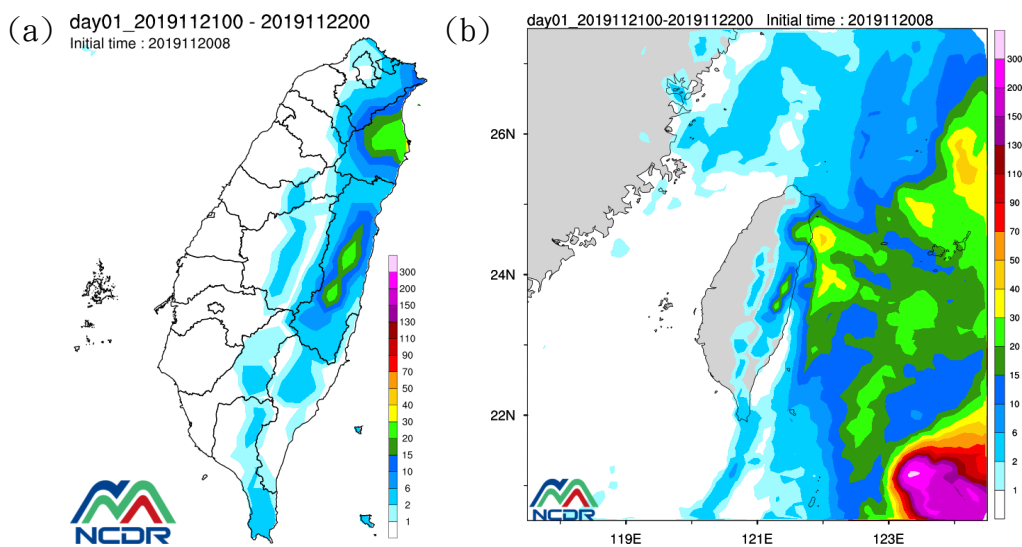


圖 42 (a)台灣本島降雨分布圖，(b)區域降雨分布圖

### (3) 颱風路徑圖

為因應颱風季之應變作業，發展 MPAS 全球模式之颱風路徑自動追蹤方法，定位模式預報之颱風中心，並將模擬之颱風路徑即時展示於網頁的系集路徑頁面中。圖 43 中之紅色線即為 MPAS 全球模式以 2019/08/22 06UTC 為初始時間，所模擬之白鹿颱風的路徑。有關 MPAS 全球模式之颱風路徑自動追蹤方法的詳細說明，可參考「跨尺度天氣預報系統開發暨颱風與豪雨預報技術研究」(徐等，2020)。

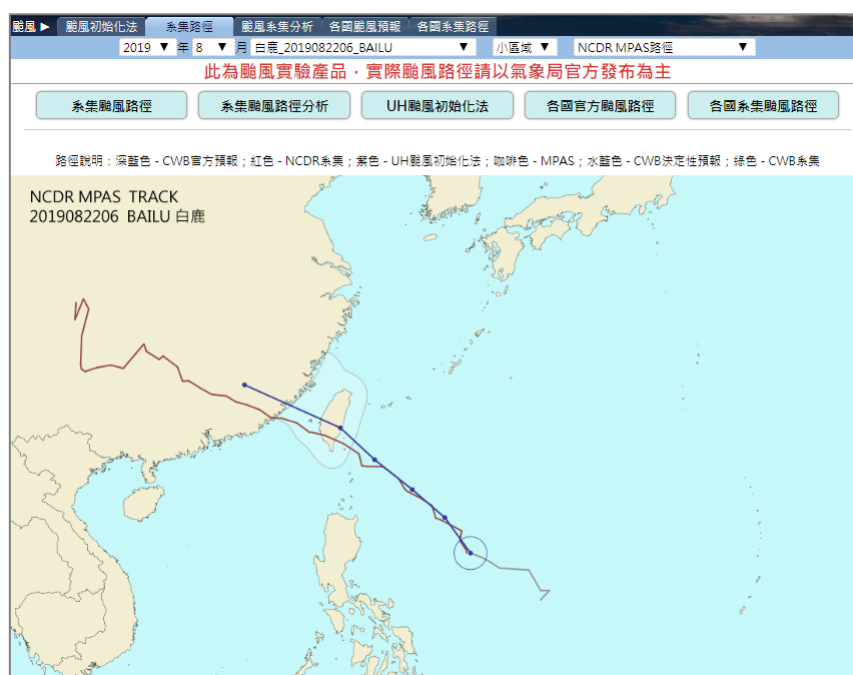


圖 43 MPAS 全球模式模擬之白鹿颱風路徑(紅線)，初始預報時間為 2019/08/22 06UTC，深藍色線條為該初始時間之中央氣象局官方預報路徑

### (4) 南海季風指數時序圖

本年度將 MPAS 模擬之 850hPa 南海西風時序變化結果，加入南海季風指數時序圖中，作為南海季風指標的參考，如圖 44 中之粉紅

色實線即為 MPAS 全球模式的模擬結果。進一步搭配區域降雨分布圖(圖 42 b)的未來 15 天降雨研判，可應用於梅雨季的強降雨趨勢監測。

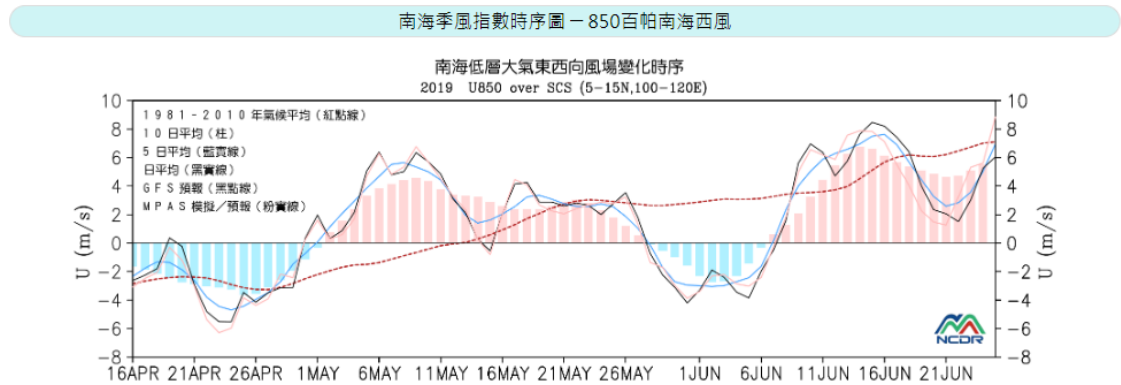


圖 44 南海 850hPa 東西向風場變化時序圖，粉紅色實線為 MPAS 全球模式模擬結果

## 4.2 區域模式系集預報

由於數值氣象模式預報存在不確定性，若只採用單一模式預報，將無法提供未來預報風險分析。而系集預報是基於此問題之下發展出來的預報方法，可提供未來災害情境推估時重要情資。今年度針對需求調整與精進過去台灣系集預報實驗之成員，重新設計建置系集預報系統，以因應未來防災研判的預報資訊提供。

系集預報系統架構包含模式輸入、區域模式運算及模式輸出三個部分(圖 45)。在模式輸入方面，原使用 NCEP GFS 全球模式 0.25 及 0.5 度資料作為模式初始場及邊界條件。由於 NCEP 於 9 月 25 日起停止供應此產品，因此，自 9 月 26 日起採用 NCEP FV3-GFS 全球模式

0.25 及 0.5 度資料。此外，亦加入傳統觀測資料與福爾摩沙衛星掩星觀測資料進行資料同化。區域氣象模式採用美國國家大氣研究中心 (NCAR)發展的 WRF (Weather Research and Forecasting) 3.8.1 版本，重新規劃設計 16 組系集成員。氣象模式採三層巢狀網格設計，水平解析度分別為 45、15、5 公里，每天進行 4 次氣象預報，預報時間達 84 小時。詳細模式設計請參考「跨尺度天氣預報系統開發暨颱風與豪雨預報技術研究技術報告」(徐等，2020)。模式輸出部分除了各種研判圖資，另外與資訊組合作使用 API 形式將 16 組系集雨量對外提供服務。目前即時提供給氣象局、公路總局及地方防災協力單位的總資料量約 80G。

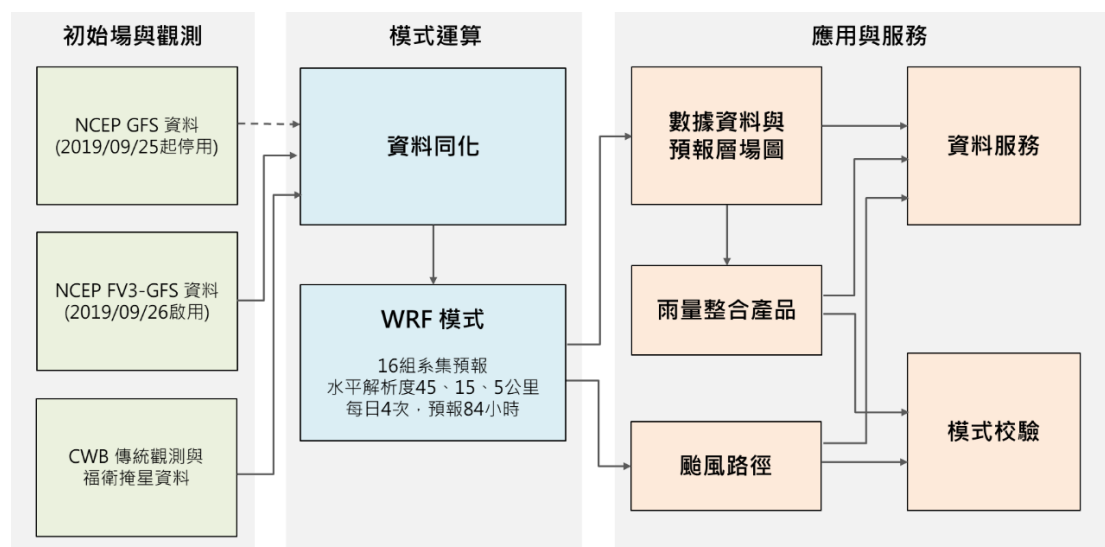


圖 45 系集預報系統與應用服務架構流程

本年度系集預報的應用開發，包含「系集降雨預報」、「系集颱風路徑」、「系集路徑分析」。「系集降雨預報」是利用本中心 16 組系集



預報與氣象局 20 組 WRF 系集預報系統及 2 組決定性預報進行分析統計。除了即時將各成員預報的雨量繪製成 12 小時累積降雨分布圖（圖 46），提供不同的降雨情境，可進行情境推估可能存在的風險。並且發展定量降雨系集統計方法，用來改善系集平均降雨極值低估的問題，挑選系集雨量前 50% 之成員進行平均，可提供極端氣候情境下暴雨預報示警之參考。

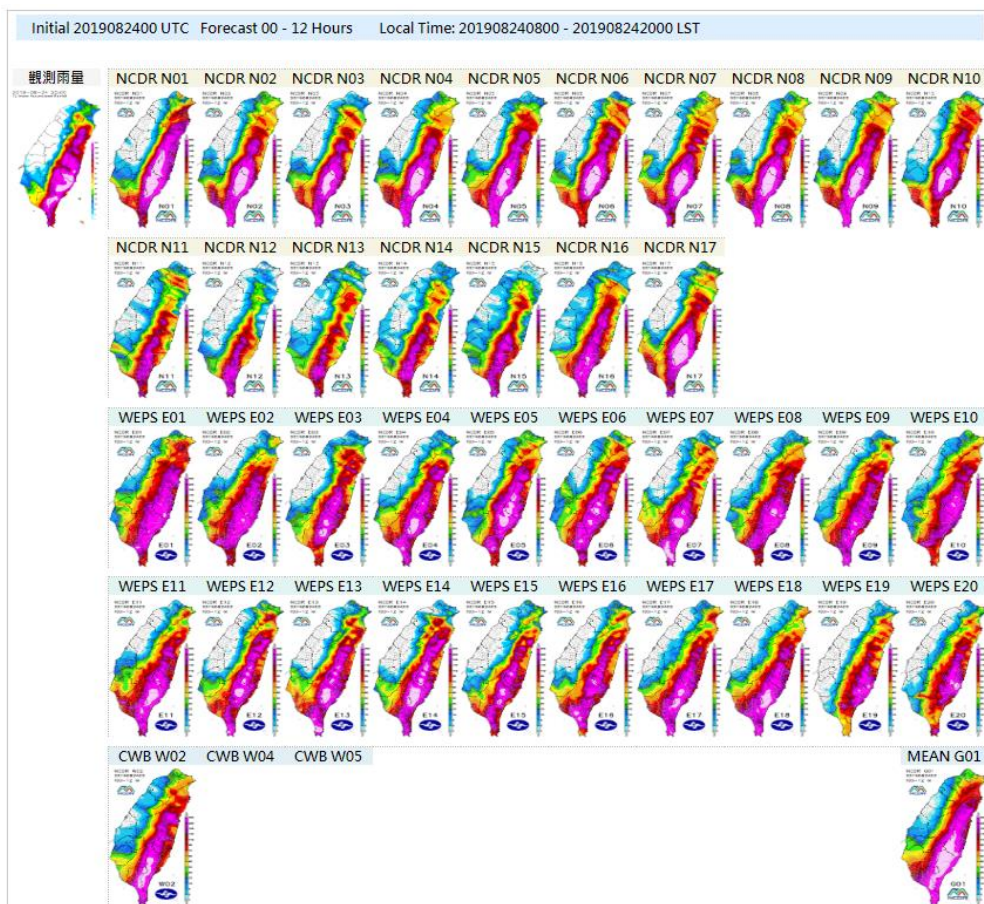


圖 46 系集雨量預報 12 小時累積圖。圖例為白鹿颱風 2019 年 08 月 24 日 00 時預報 (UTC)，預報 00 小時至 12 小時累積雨量。左上圖為觀測雨量，其餘小圖為各系集成員雨量，其中右下角為前 50% 系集平均

「系集颱風路徑」(圖 47) 為本中心系集預報所定位的預報颱風中心資訊，配合氣象局官方預報路徑繪圖，可透過系集模式預報之颱

風路徑分布特性，分析颱風可能偏差風險。

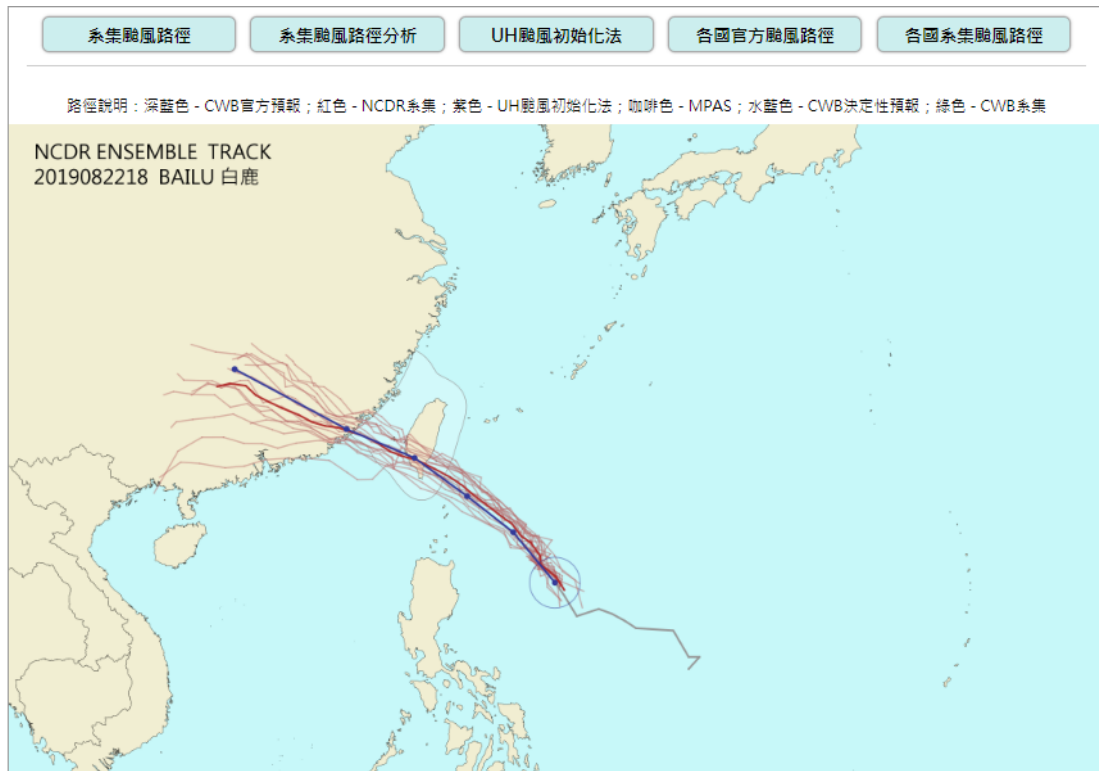


圖 47 系集模式預報之颱風路徑，圖為白鹿颱風 2019 年 08 月 22 日 18 時預報 (UTC)，系集颱風路徑 (紅線) 與系集平均路徑 (粗紅線)，藍線為氣象局官方路徑。左上角有標註颱風名稱與模式起初時間

「系集颱風路徑分析」是利用系集颱風路徑開發路徑分群技術，在颱風豪雨災害應變期間，找出與颱風相對位置有相類似特徵之系集成員，整合出不同情境下的颱風路徑與未來 72 小時的降雨預報(圖 48)。提供作業單位了解不同情境下的降雨分布的結果，有助於災害防救時期的決策與風險管理。

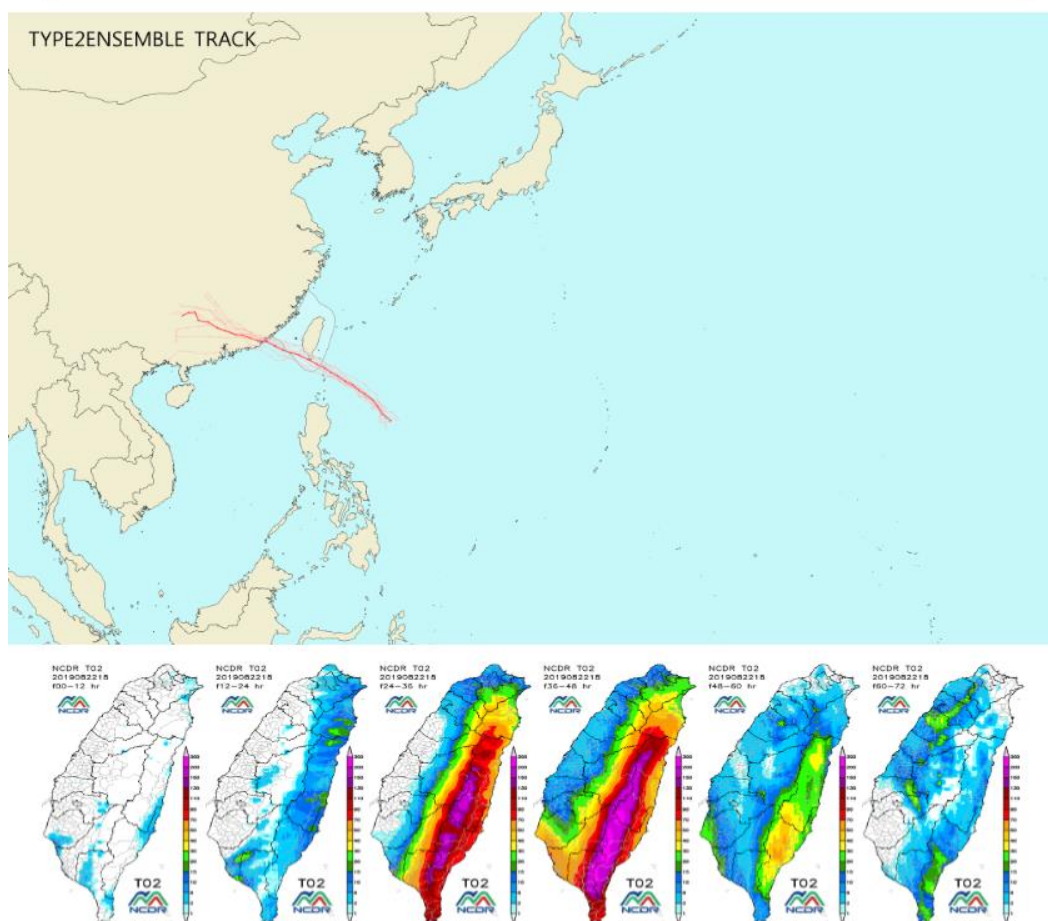


圖 48 颱風路徑分群與分群成員預報雨量。圖例為白鹿颱風 2019 年 08 月 22 日 18 時預報 (UTC) 路徑分群結果，上圖為偏左路徑下的成員路徑(紅線)與平均路徑 (粗紅線)，下圖為偏左路徑下每 12 小時累積雨量分布

### 4.3 雷達資料同化與短時預報

氣象雷達能即時獲取大量高解析度空間觀測資料，透過資料同化技術將雷達觀測資訊加入模式初始場，能修正對流雨胞位置，掌握較接近實際狀況初始場，以求能進一步改善的短時降雨預報。2019 年 2 月起於建置雷達資料同化系統，每六小時冷啟動一次，冷啟動之預報模擬結果將作為後續每半小時啟動一次的模式初始場及邊界場，並進行三次間隔 30 分鐘之雷達資料同化，再向後積分預報 4 小時。



圖 49 為雷達資料同化與預報系統之架構圖。輸入資料包括提供初始場及邊界場之 NCEP GFS 全球模式，並藉由三維變分資料同化方法以傳統觀測資料更新冷啟動之初始場，模式積分後得到的預報場做為每半小時啟動一次之邊界場及初始場。在雷達觀測資料的部分，使用了包括中央氣象局之四座 S 波段(波長 10 公分)的都卜勒氣象雷達(分別位於五分山、花蓮、七股、墾丁)，以及 C 波段雷達(空軍清泉崗、及馬公)，全台雷達網即時觀測資料介接與彙整，經過資料前處理後，回波及徑向風內插至模式格點上，作為雷達資料同化系統所需之檔案，每次以 30 分鐘一筆的頻率同化共計三筆雷達資料，更新初始場，再做每半小時一次之短時降雨預報模擬。詳細模式設計請參閱「氣象雷達於短延時強降雨之監測與預警技術開發」(林等，2020)。

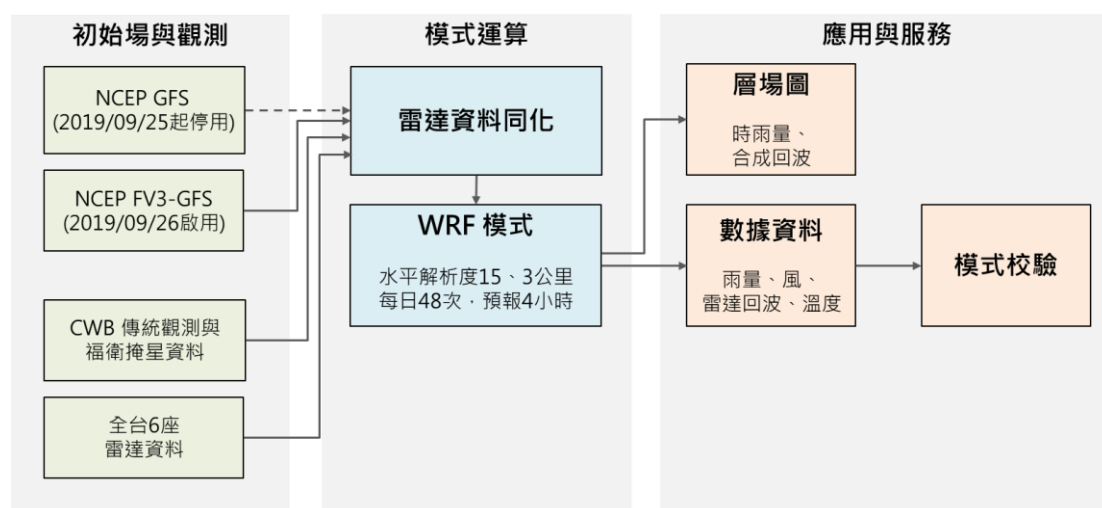


圖 49 雷達資料同化系統與應用服務架構圖

本雷達資料同化策略建置，使用 64 個電腦核心之計算資源，包括三次同化及預報 4 小時共需時約 27 分鐘。亦即每半小時就能提供

並更新未來 4 小時之預報結果。目前依據模式模擬結果產製的輸出資料包括數據資料，模式變數包括雨量、雷達回波、溫度、及風場等，可供後端使用者繼續加值使用。及每預報半小時產出一次之層場圖，包括雷達合成回波圖、時雨量圖，並即時展示天氣與氣候監測網上(如圖 50)，提供防災人員作為對流降雨系統監控之參考。

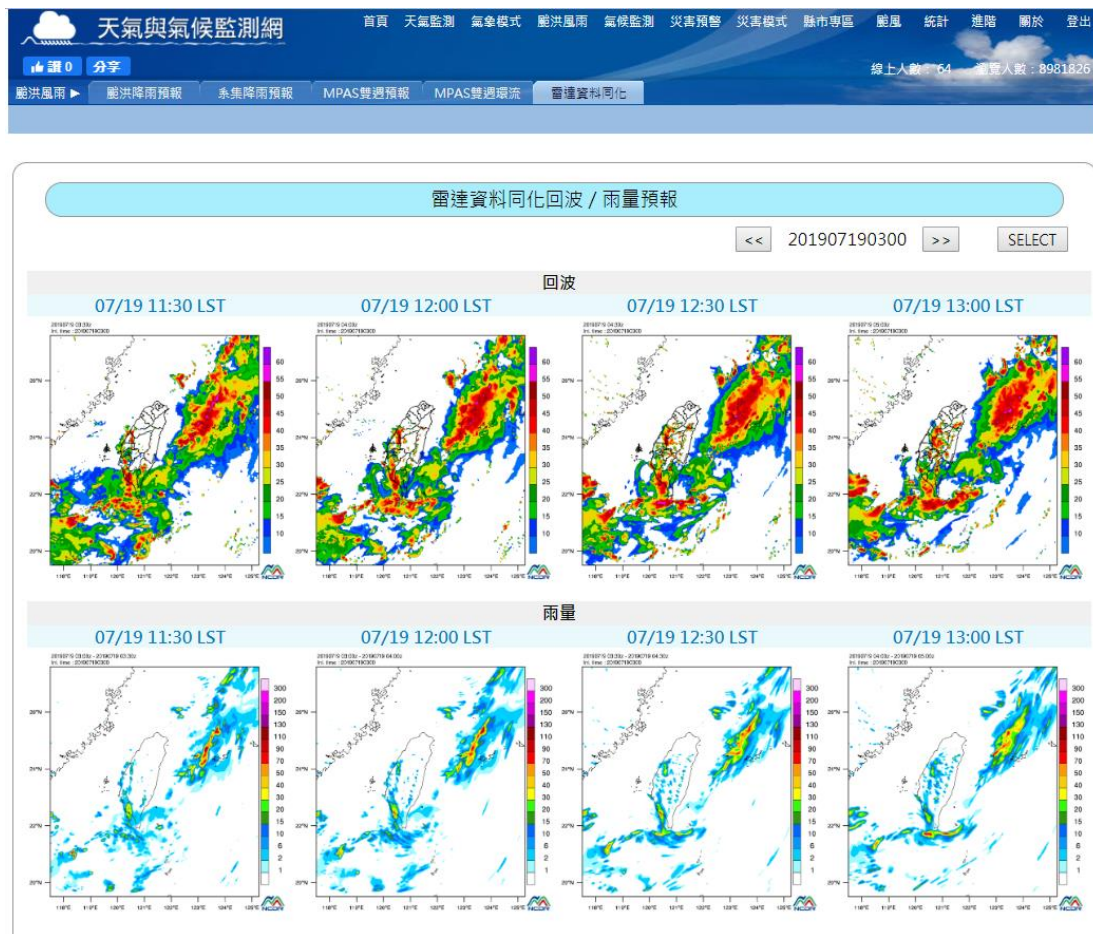


圖 50 雷達資料同化系統預報產品於網頁之展示

#### 4.4 颱風初始化法與颱風預報

颱風初始化方法為夏威夷大學與國家災害防救科技中心簽署 MOU 下重點合作項目之一，2015 年起颱風初始化方法開始在本中心

作業化，至今持續進行模式維運工作。2018 年夏威夷大學模式開發修正颱風靠近地形的影響效果，因此本中心 2019 年引進並更新作業化模組為移除地形版本。以下為該模式於災防科技中心的作業化流程與後續防災應用說明。

### 一、 方法與作業流程架構

颱風初始化方法是在 WRF 模式架構下，有效提升颱風模擬真實性的方法，在模式開始進行模擬前，先行調整模式中的颱風結構與位置，可改善後續預報的颱風強度與路徑(林等，2019)。其作業化流程如圖 51，分為「初始場與觀測」、「模式運算」、「應用與服務」3 階段。

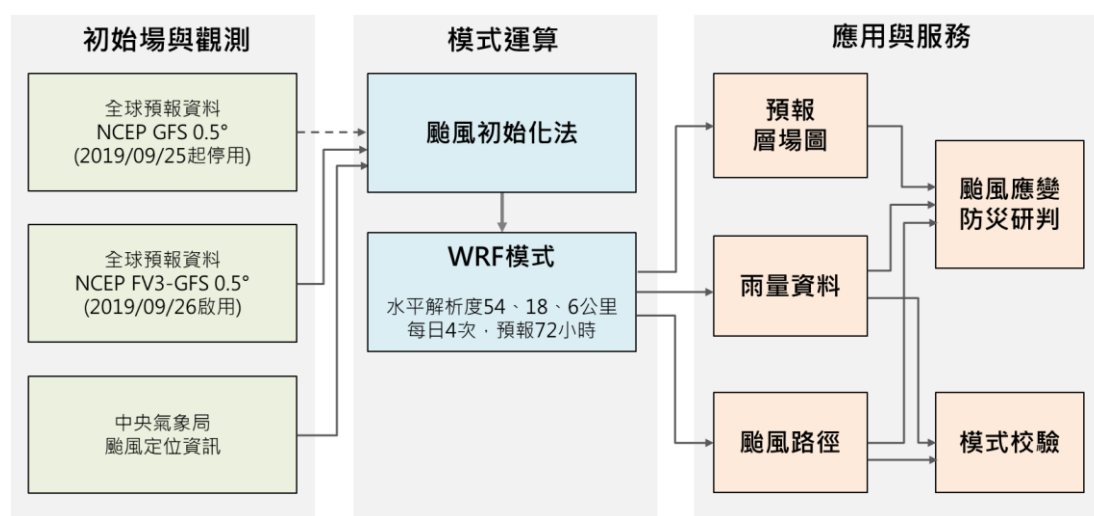


圖 51 颱風初始化方法與預報應用服務流程圖

初始場與觀測資料方面，今年度(2019 年)因應 NCEP 全球預報資料更新，初始條件與邊界條件於 9 月 26 日起更新為 FV3-GFS 0.5° 資料，並使用中央氣象局即時颱風定位資訊，提供颱風強度與經緯度等

實際觀測資料，作為颱風初始化調整的依據。

模式運算共有 2 個步驟，第 1 步驟為颱風初始化法(圖 52)，進行植入暖心、短期調整模擬(1 小時)、移至颱風觀測位置的數次調整循環。此步驟中為了降低模式中地形的影響，使用夏威夷大學提供之更新模組，將模式中的地形移除並改為海洋，在模式完成初始化調整後再將地形更換回原始設定，進行第 2 步驟:WRF 模式 72 小時預報。颱風初始化方法移除地形版本的詳細技術與說明請參考技術報告「跨尺度天氣預報系統開發暨颱風與豪雨預報技術研究」(徐等，2020)。預報結果輸出颱風預報路徑與雨量等資料，提供後續應用服務與校驗使用。

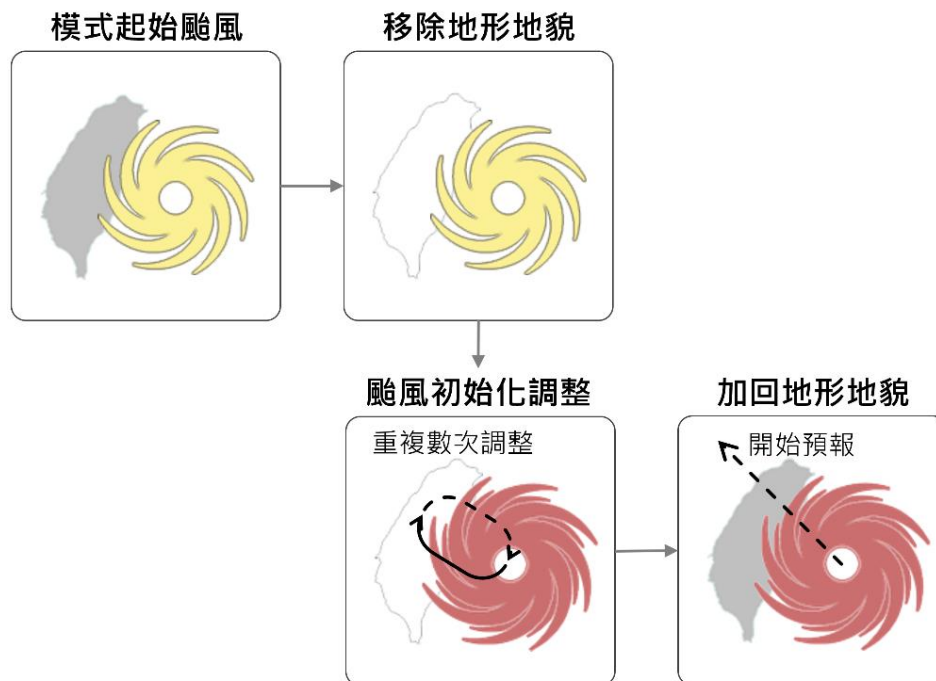


圖 52 颱風初始化方法移除地形版本示意圖(資料來源:林等，2019)



## 二、 應用服務

為了能夠即時提供颱風預報資訊，模式在完成模擬後，即自動化產製層場分析圖與雨量圖於監測網颱風專頁，如圖 53。層場圖包含 200 百帕(高度場、風場、輻散場)、500 百帕(高度場、渦度場)、700 百帕(垂直運動速度、高度場、相對溼度與風場)、近地面場(可降水量、最大回波、地面風場、地面氣壓場)等，雨量圖包含 6 小時、12 小時、24 小時臺灣與離島地區累積雨量預測圖。今年度因應本中心新增多組系集模式，在颱風應變作業上，開發颱風系集路徑預報產品(圖 54)，颱風初始化方法亦為系集路徑分析的資料成員之一。

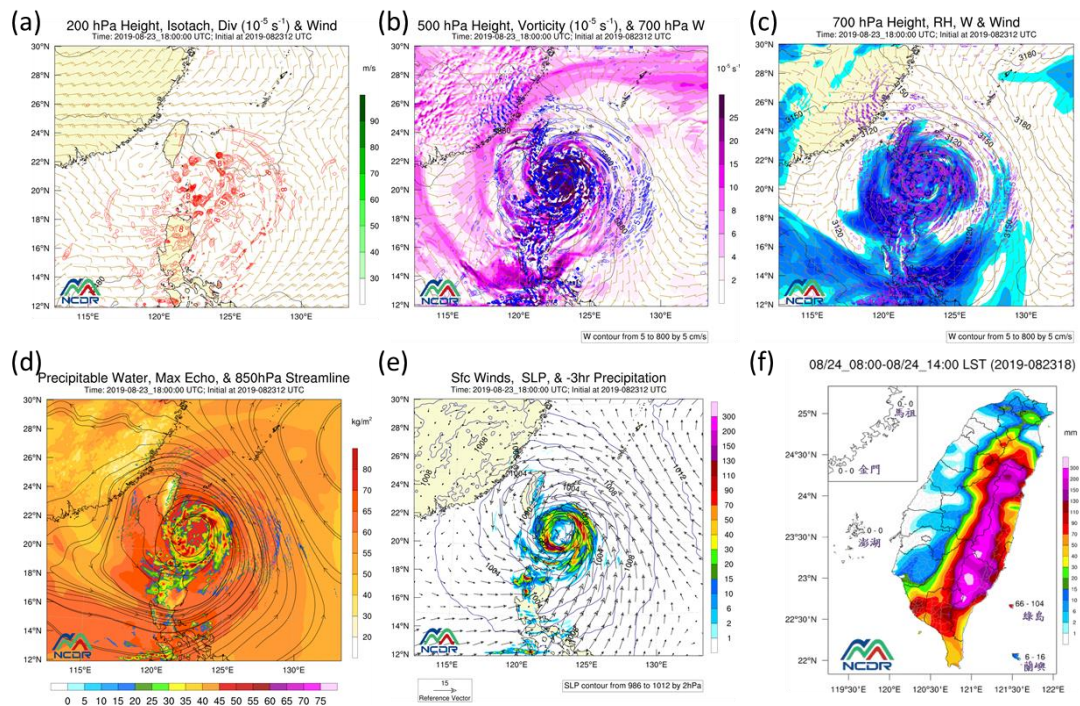


圖 53 颱風初始化方法層場圖與雨量圖，(a)200 百帕 (b)500 百帕 (c)700 百帕 (d)可降水量與最大回波 (e)地面風場與 3 小時累積雨量 (f) 12 小時、24 小時臺灣與離島地區累積雨量預測圖

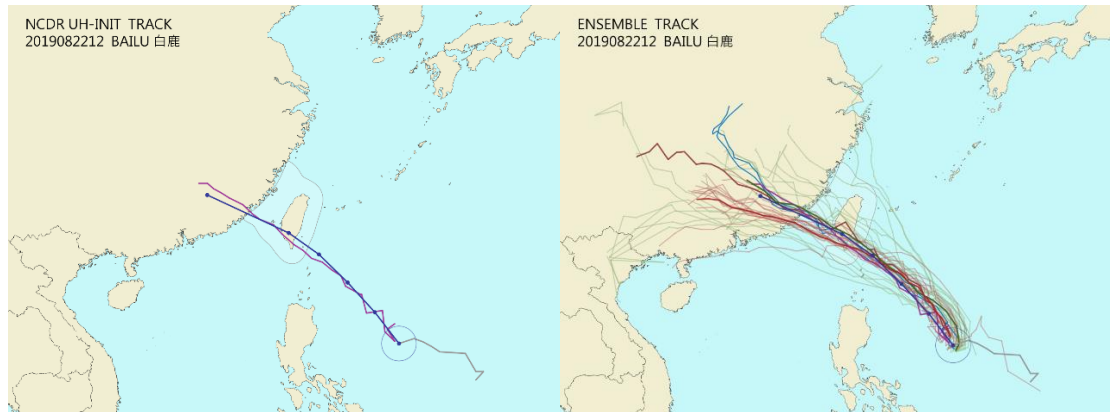


圖 54 颱風路徑系集預報圖，以 2019 年白鷺颱風為例，左圖為中央氣象局預報路徑(藍線)與颱風初始化方法預報路線(紫線)，右圖為系集預報路徑

模式模擬之颱風強度、颱風路徑、雨量已於今年進行歷史颱風校驗。颱風初始化方法與系集平均相比，此方法的路徑誤差較系集平均多 6.1 公里，氣壓誤差低 5.1 百帕，雨量校驗結果則隨著預報時間變動(詳細校驗方法與內容請參考:徐等，2020)。自 2015 年開始，颱風初始化方法已累積數十個颱風個案模擬資訊，校驗結果可應用於未來模式改進指引。

## 第五章 未來展望

自 2017 年開始，災防科技中心預警技術的研發方向，以區域預警技術為主軸。針對不同地區的氣候特性與預警需求，與地區大學科研技術合作，並整合當地研究成果與地區的監測資料，開發適合當地的預警技術。至今年為止，已針對台北市、新北市、桃園市、高雄市劇烈降雨研判需求，開發適合當地的預警技術。隨著使用者需求的技術發展與落實應用，以「天氣與氣候監測網」為技術展示平台的使用需求也逐年增高。從歷年網站瀏覽數統計結果(圖 55)，統計至 2019 年 11 月 29 日，今年以達 370 萬瀏覽人次，相較 2018 年增加 140 萬瀏覽人次，成長率達 60% 以上。

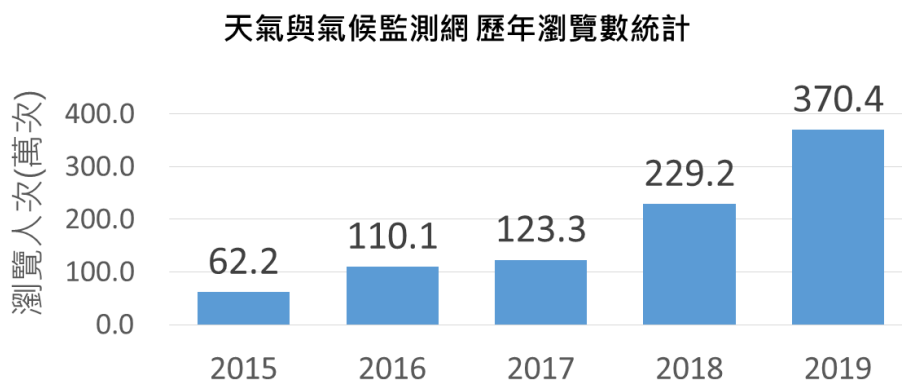


圖 55 天氣與氣候監測網歷年瀏覽數統計，資料更新至 2019/11/29

近年來，在防災預警與應用落實的技術開發項目中，由初期各項支援中央災害預警研判技術的整合發展，逐年轉變至因應地區使用者需求開發項目。隨著逐年增加的防災應用技術，在「天氣與氣候監測網」技術開發平台中的可使用項目也越來越龐大。在展示平台上操作

眾多繁雜的技術產品，對使用者體驗(User Experience)設計而言，是一種不良的展示形式設計。在災防科技中心預警產品的使用率越來越高的狀況下，進一步了解技術服務的面向，將有助於釐清未來防災預警服務的經營方式，讓技術開發更能觸及每一個使用者。其中，技術移轉也是服務方式之一。將已成熟的地方預警技術技轉給地方防災研判單位，由地方防災或協力單位各自維運所需要的部分預警服務。在以技術移轉為目標的開發概念下(圖 56)，未來發展需以模組化的技術開發方式，配合開放資料(Open Data)等多種 API 的即時資料介接與後續技術自動研判等形式開發。最後提供地方防災人員快速研判災害情資，並直接服務地方使用者。透過這樣服務形式，讓技術開發可以更有效的擴展至地方的應變研判。

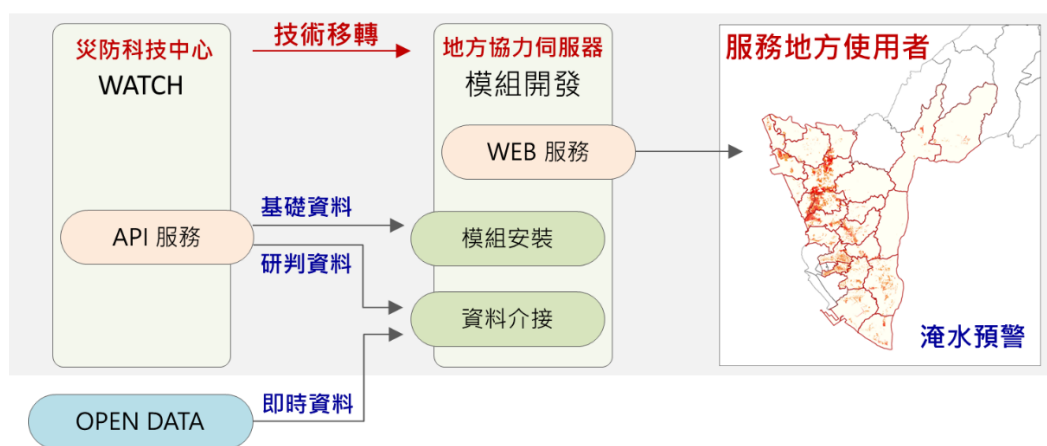


圖 56 以技術移轉為目標的預警技術模組開發概念



## 參考文獻

- Gatlin, P. N., and S. J. Goodman, 2010: A total lightning trending algorithm to identify severe thunderstorms. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 27, 3-22.
- Liou, Y.-C., and Y.-J. Chang, 2009: A variational multiple-Doppler radar three-dimensional wind synthesis method and its impacts on thermodynamic retrieval, *Mon. Wea. Rev.*, 137, 3992–4010.
- Lin, P. F., P. L. Chang, B. J.-D. Jou, J. W. Wilson, and R. D. Roberts, 2011: Warm season afternoon thunderstorm characteristics under weak synoptic-scale forcing over Taiwan Island. *Wea. Forecasting*, 26, 44–60.
- Schultz, C. J., W. A. Petersen, and L. D. Carey, 2009: Preliminary development and evaluation of lightning jump algorithms for the real-time detection of severe weather. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 48, 2543–2563.
- SOBEK Hydrodynamics, 2013, Rainfall Runoff and Real Time Control User Manual.
- 于宜強、林欣弘、李宗融、龔楚嫻，2014。2013 年災害預警技術研發報告。國家災害防救科技中心，NCDR 102-T24。
- 于宜強、林欣弘、陳奕如、龔楚嫻、李宗融、王安翔、黃柏誠、吳宜昭、林冠伶、朱容練、鄭兆尊，2016。颱風災害預警整合平台建置報告。國家災害防救科技中心，NCDR 104-T04。
- 余濬，2009。由雨型推估流量方法之差異探討—以河川治理與區域排水整治為例。*水利會訊* 第 12 期。
- 林品芳、張保亮、周仲島，2012。弱綜觀環境下台灣午後對流特徵及其客觀預報。*大氣科學*，第 40 期，第 1 號，頁 77-107。
- 林欣弘、陳奕如、于宜強，2015。2014 年災害預警技術研發報告。國家災害防救

科技中心，NCDR 103-T04。

林欣弘、陳奕如、李宗融、于宜強，2017。災害性天氣判識與預警技術發展。國家災害防救科技中心，NCDR 105-T06。

林欣弘、朱容練、吳宜昭、林冠伶、李宗融、陳淡容、陳奕如、于宜強，2018。2017 細緻化預警產品開發技術報告。國家災害防救科技中心，NCDR 106-T13。

林忠義、廖信豪、劉嘉騏、吳佳純、李宗融、林欣弘、王安翔、于宜強，2020。氣象雷達於短延時強降雨之監測與預警技術開發。國家災害防救科技中心。

林冠伶、林欣弘、于宜強，2019。颱風初始化方法改進鄰近陸地颱風之預報技術，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第 170 期。

吳佳純、朱容練、李宗融、王璿瑋、林欣弘、王安翔、于宜強，2020。雷達資料自動化 3D 繪圖操作手冊 V1.0。國家災害防救科技中心。

徐理寰、林欣弘、劉嘉騏、王潔如、林冠伶、黃麗蓉、于宜強，2020。跨尺度天氣預報系統開發暨颱風與豪雨預報技術研究。國家災害防救科技中心。

陳淡容、朱容練、吳宜昭、林欣弘、王璿瑋、于宜強，2020。農業專區寒害預警系統建置之先期研究。國家災害防救科技中心。

廖宇慶，2017。以雷達觀測資料反演的分析場提升對流尺度 60 分鐘預報(1/2)。交通部中央氣象局一百零六年度委託研究計畫期末成果報告。

戴志輝、王尹懋、王安翔、林博雄，2015：雲中閃電資料應用於雷暴即時預警之研究。大氣科學，43，2，115-132。

經濟部水利署，2015。淹水潛勢圖製作手冊。

經濟部水利署水文技術組，2018。台灣地區雨量測站降雨強度-延時 Horner 公式參數分析。

經濟部水利署水利規劃試驗所，2014。高雄市淹水潛勢圖第二次更新計畫。

經濟部水利署水利規劃試驗所，2017。淹水潛勢圖製作及應用。

## 資料來源

「政府資料開放平臺」網址：<https://data.gov.tw>

「氣象資料開放平臺」網址：<https://opendata.cwb.gov.tw>

「疾病管制署資料開放平台」網址：<https://data.cdc.gov.tw>

「水災保全計畫資訊服務網」網址：<http://www.dprc.ncku.edu.tw/>

## 區域短時淹水示警需求與災害監測預警技術開發

---

發行人：陳宏宇

出版機關：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

報告完成日期：中華民國 108 年 12 月

出版年月：中華民國 109 年 01 月

版 次：第一版

非賣品

地址：23143新北市新店區北新路三段200號9樓

電話：++886-2-8195-8600

傳真：++886-2-8912-7766

網址：<http://www.ncdr.nat.gov.tw>