



都市下水道溢淹預警系統建立

於望聖 李光敦 陳志偉 杜鐵生 洪夢秋 薛煌仕 黃雅琪

陳煥元 林和中 詹翊平 陳乃光 曾韋諶 徐郁涵 游馨竹 廖聿勳 曾國峰 曾韋鯨



內政部營建署



國立臺灣海洋大學地理資訊系統研究中心

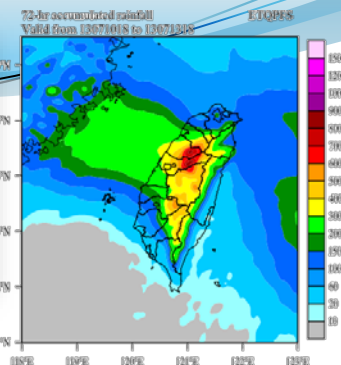
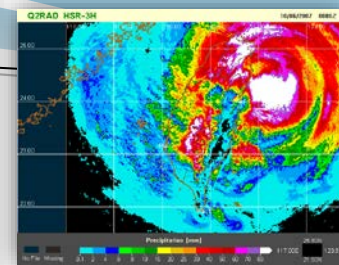
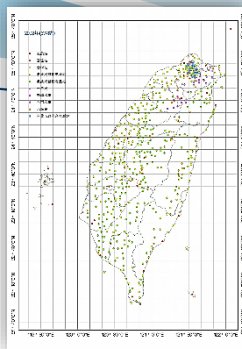
105年10月6日

前言

- 都市高度發展人口大量聚居，使得保全對象大增，然而雨水下水道工程建設有其侷限，當降雨超過保護標準，則無法避免淹水之可能性。
- 除藉由硬體工程設施以減災外，運作良好的預警系統可爭取到救災動員準備或疏散所需時間，並提高防災成效。
- 其它單位之預警機制及相關經驗，若直接平行轉移應用至都市雨水下水道系統，其適用性仍有待商榷。
- 短延時溢淹預警機制係以30、60、90、120分鐘進行累積雨量計算，計算過程並同時進行各項降水估計或預報產品之時間內插與空間變異計算，以合乎都市下水道之短延時逕流特性。



介接雨量資料說明

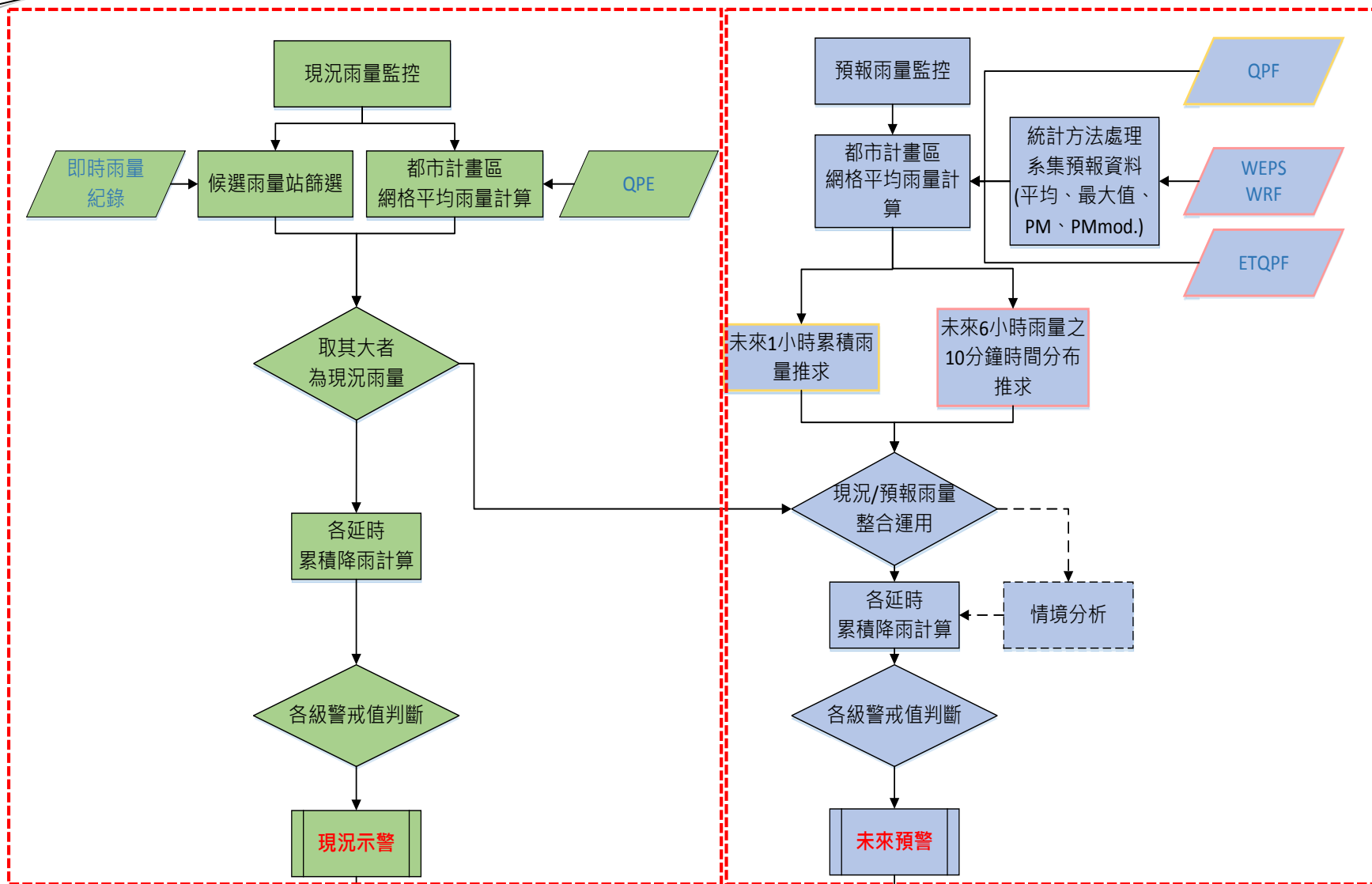


項目	現況資料		預測資料		
資料名稱	即時雨量測站觀測紀錄 (.mdf)	QPESUMS 定量降水估計 (QPE)	颱風定量降水預報(ETQPF)	WRF系集區域模式預報系統 (WEPS)	QPESUMS 定量降水預報 (QPF)
發布頻率	10分鐘	10分鐘	颱風期間 海上警報：6小時 陸上警報：3小時	6~12小時	10分鐘
預報時間	-	-	未來72小時	未來72小時	未來1小時
資料內容	877站 觀測雨量	雷達回波配合雨量站校驗之定量降水估計	逐3小時累積降雨	逐時累積降雨 24組系集成員	雷達回波外延 0~1小時之 定量降水預報
資料型態	文字檔	網格資料 (解析度：0.0125度 約1.25公里)	網格資料 (解析度：0.04度 約4公里)	網格資料 (解析度：5公里)	網格資料 (解析度：0.0125度 約1.25公里)

← 颱風時期主要採用資料 →

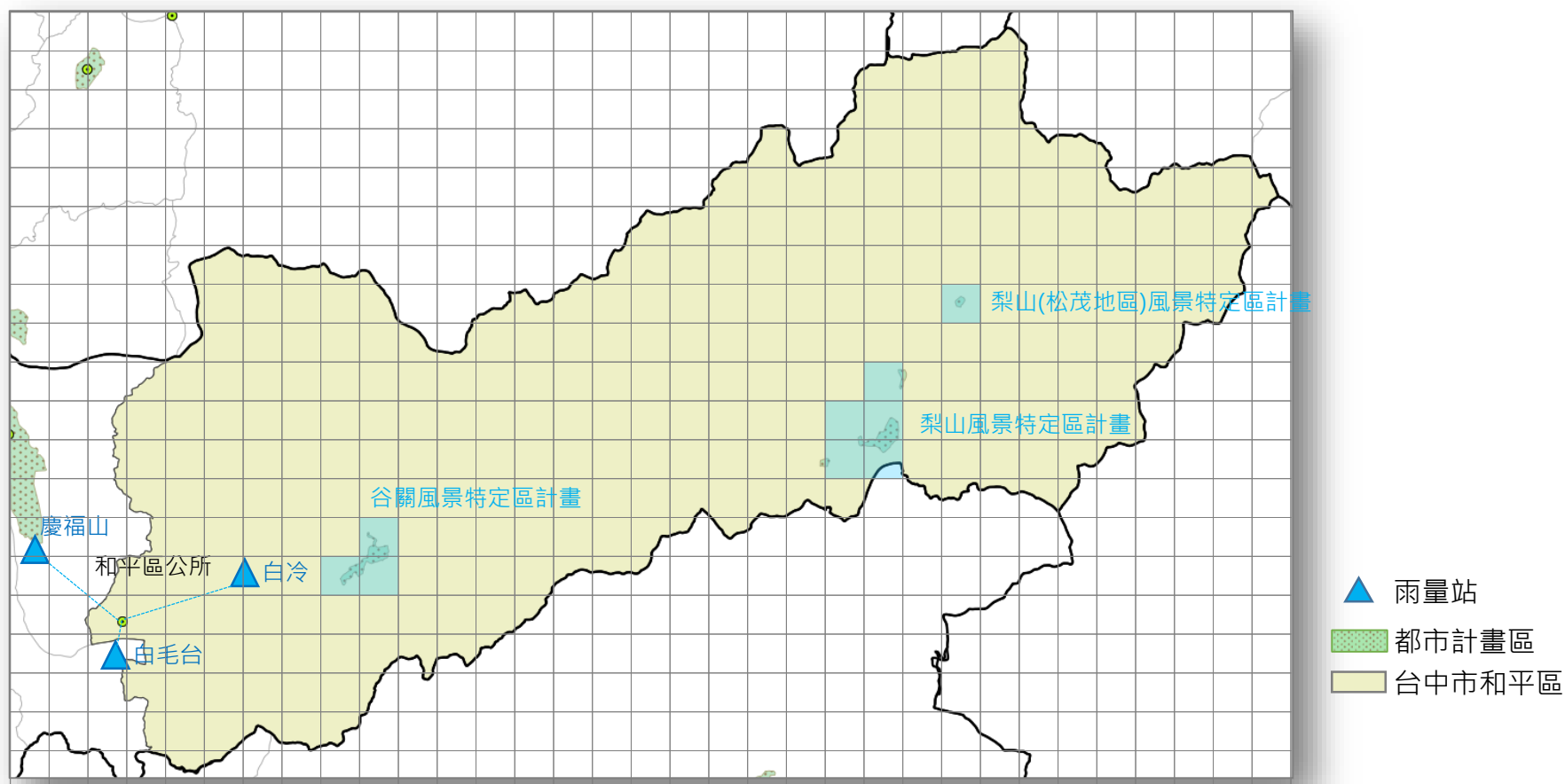


短延時雨量預警機制



空間網格降雨資料擷取

- 最近雨量站選取法
- 擷取都市計畫區網格資料，進行區域降雨平均



現況雨量採單一雨量站及雷達回波網格平均雨量較大者

$$\hat{R} = \max(R_{gauge}, R_{QPE})$$

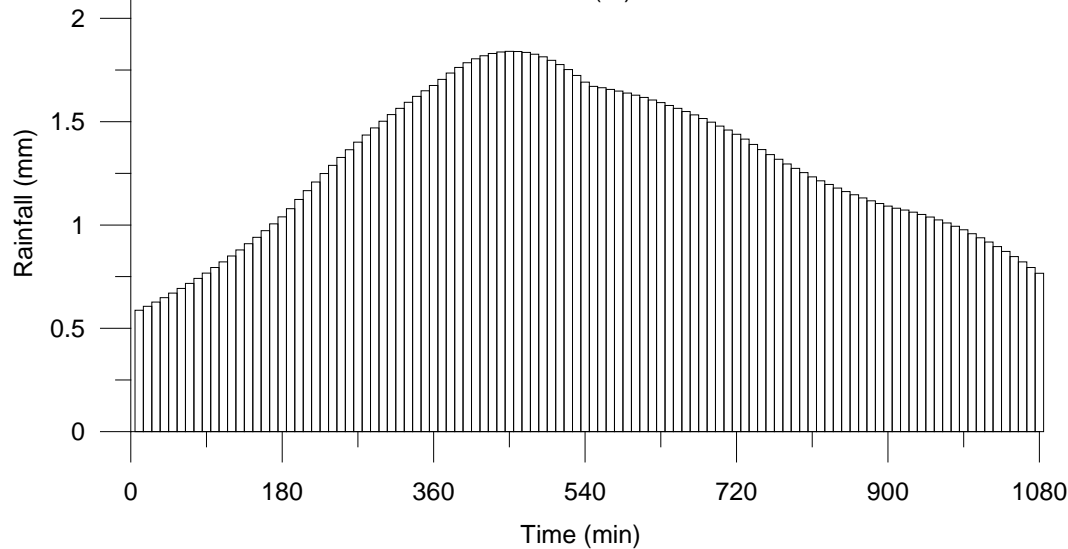
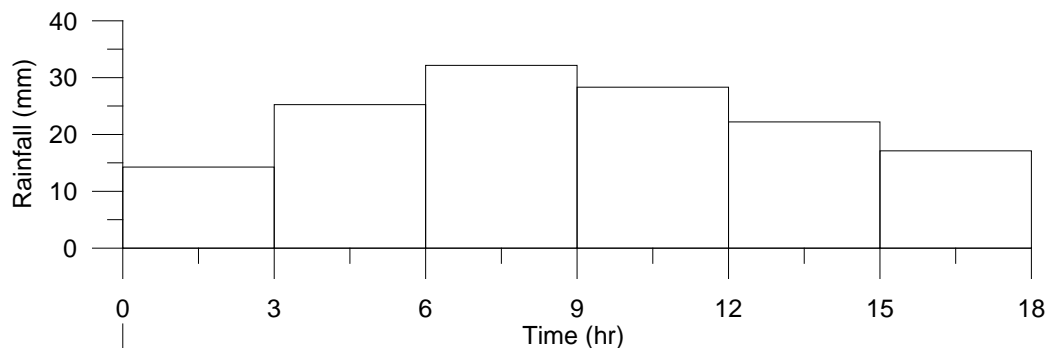
降雨預報於時間分布之內插計算

- 應用Akima內插法(Akima, 1970)依降雨趨勢之關係推求時間間距為10分鐘之降雨資料，以考慮降雨於時間分布上之情形

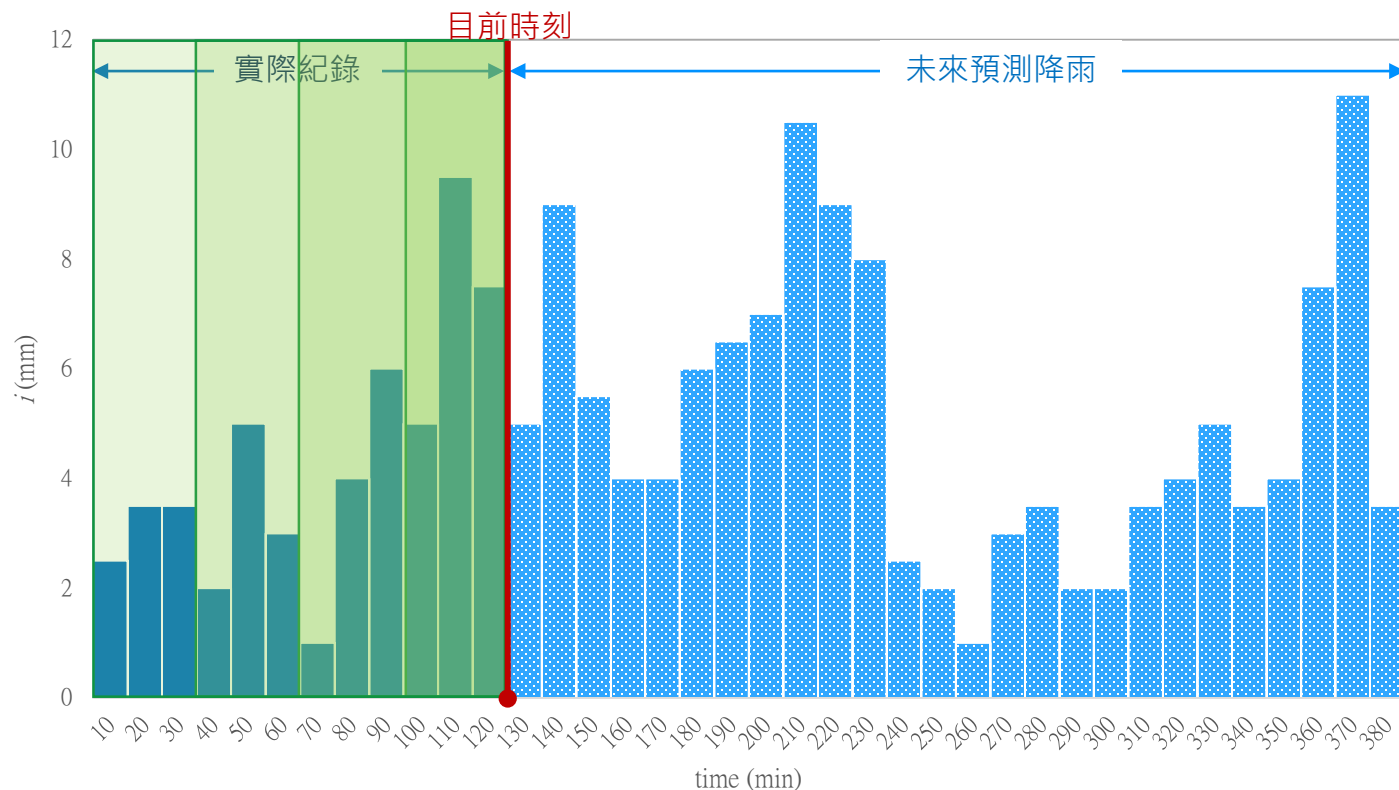
WEPS+WRF(1小時累積降雨)
ETQPF(3小時累積雨量)



內插為10分鐘之降雨資料



現況與未來各延時累積雨量計算



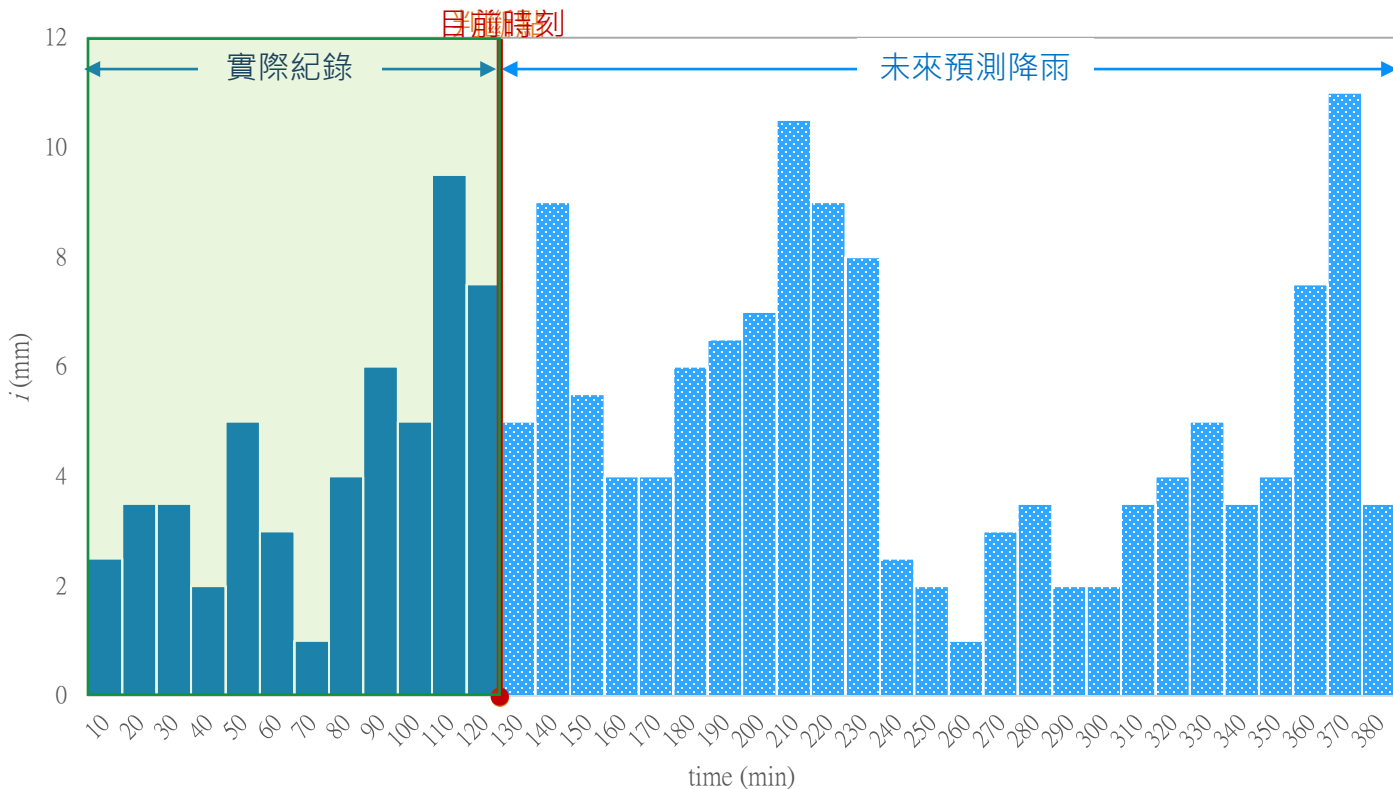
- ←→ 30分鐘累積降雨
- ←→ 60分鐘累積降雨
- ←→ 90分鐘累積降雨
- ←→ 120分鐘累積降雨

$$\hat{R} = \text{Max}(R_{\text{gauge}}, R_{\text{QPE}})$$

目前時刻採實際降雨紀錄資料進行累積雨量計算



現況與未來各延時累積雨量計算

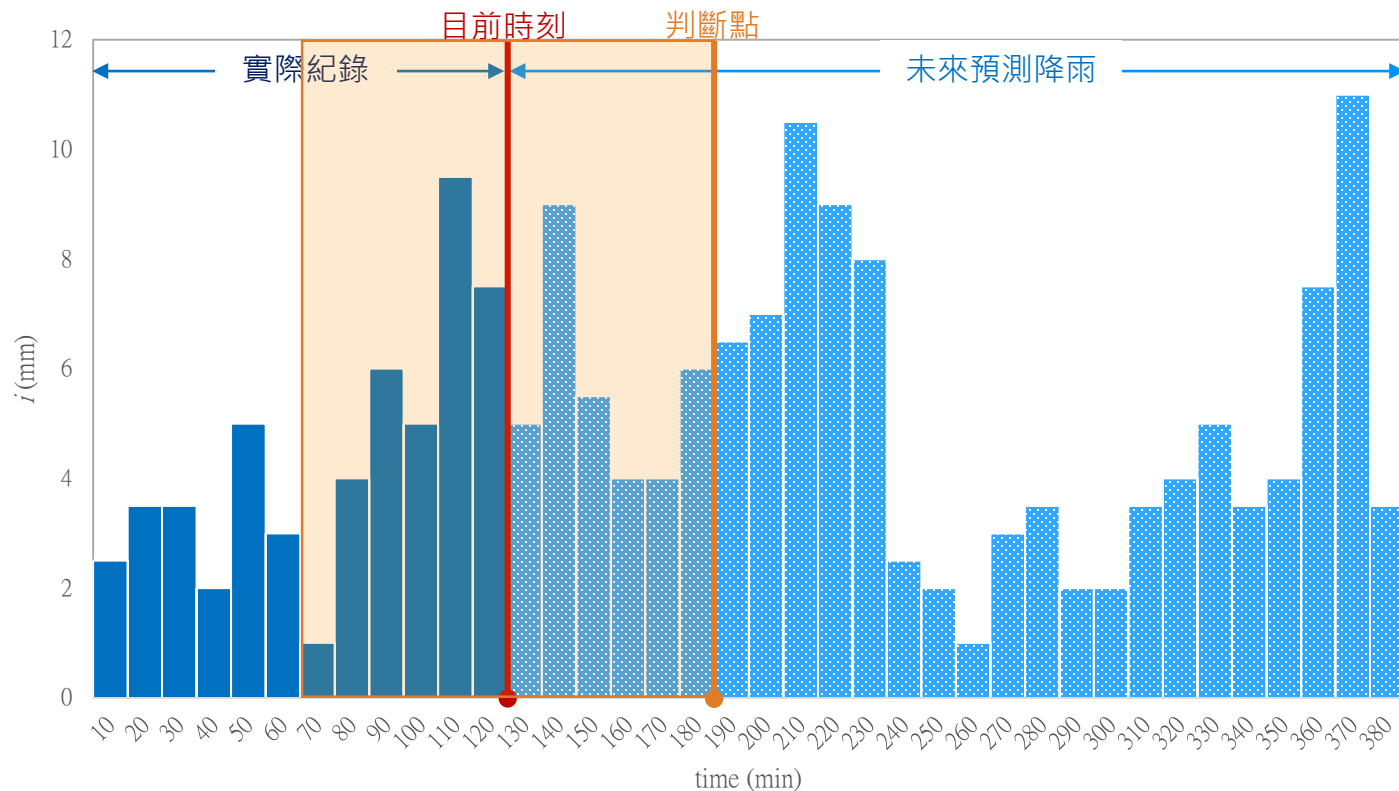


- ←→ 30分鐘累積降雨
- ←→ 60分鐘累積降雨
- ←→ 90分鐘累積降雨
- ←→ 120分鐘累積降雨

混合採用實際觀測紀錄與未來預報雨量進行計算



現況與未來各延時累積雨量計算



- ←→ 30分鐘累積降雨
- ←→ 60分鐘累積降雨
- ←→ 90分鐘累積降雨
- ←→ 120分鐘累積降雨

未來2小時後累積降雨採用預報雨量進行計算



QPESUMS-QPF降水預報誤差分析

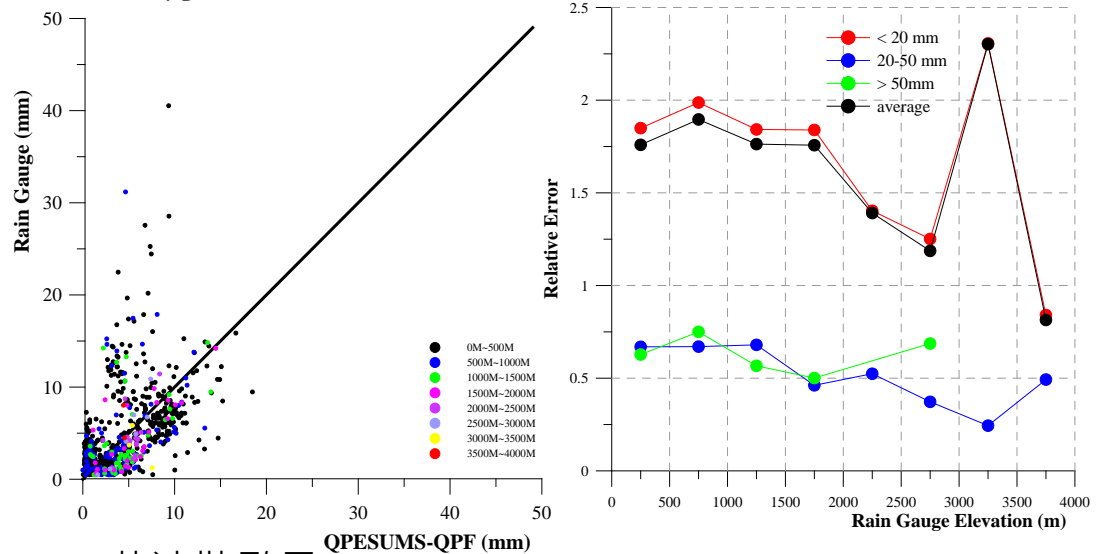
- 將降水預報分為三種雨量間距

- (a) $i < 20$ mm/hr
- (b) $i = 20-50$ mm/hr
- (c) $i > 50$ mm/hr

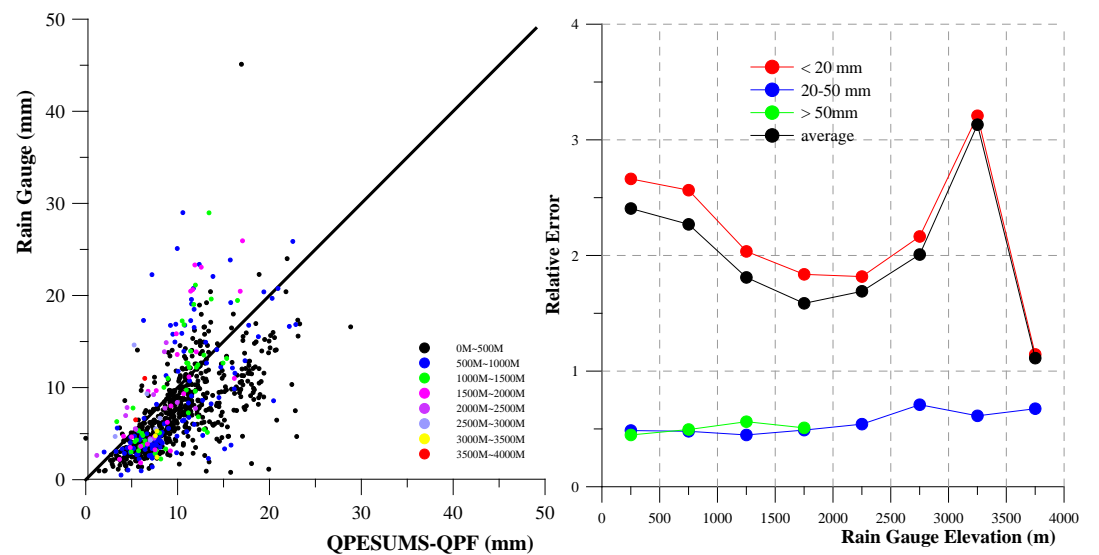
- 誤差計算

$$Err = \left| \frac{R_{gauge} - R_{prediction}}{R_{gauge}} \right|$$

尼伯特颱風

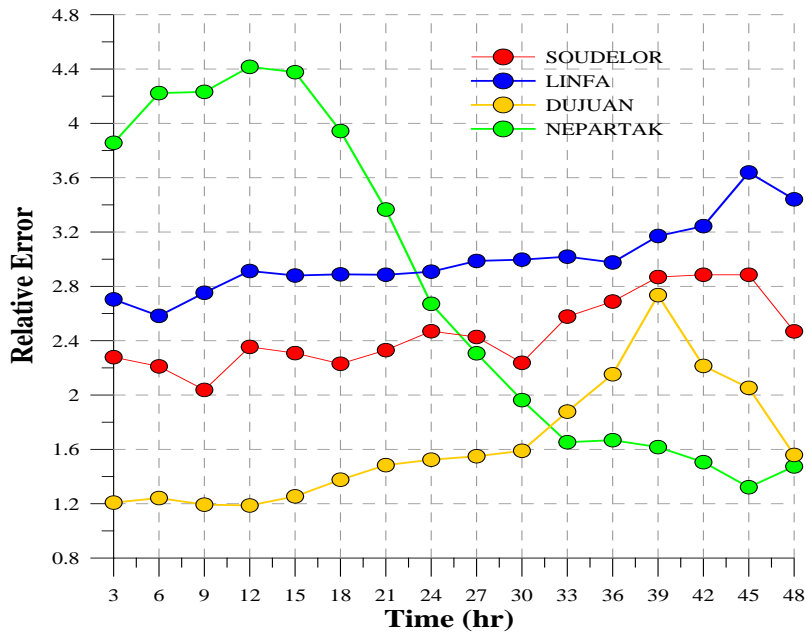


蘇迪勒颱風

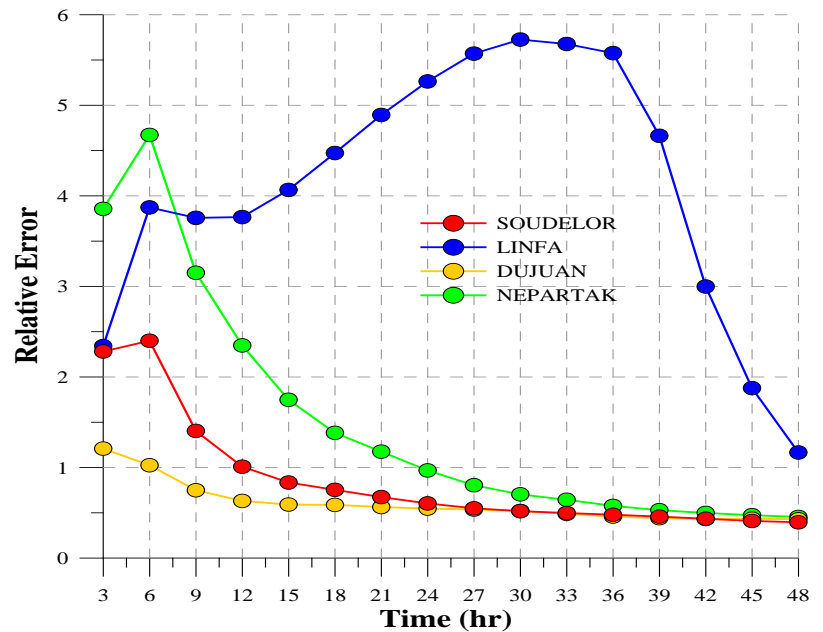


ETQPF雨量誤差分析

誤差計算 $Err = \frac{R_{gauge} - R_{prediction}}{R_{gauge}}$



逐3小時雨量相對誤差



0-48小時累積雨量相對誤差

逐3小時 → 7/7 01:00~7/9 01:00

逐3小時 → 7/7 06:00~7/9 06:00

逐3小時 → 7/7 09:00~7/9 09:00

3,6..24累積雨量計算 → 7/7 01:00~7/9 01:00

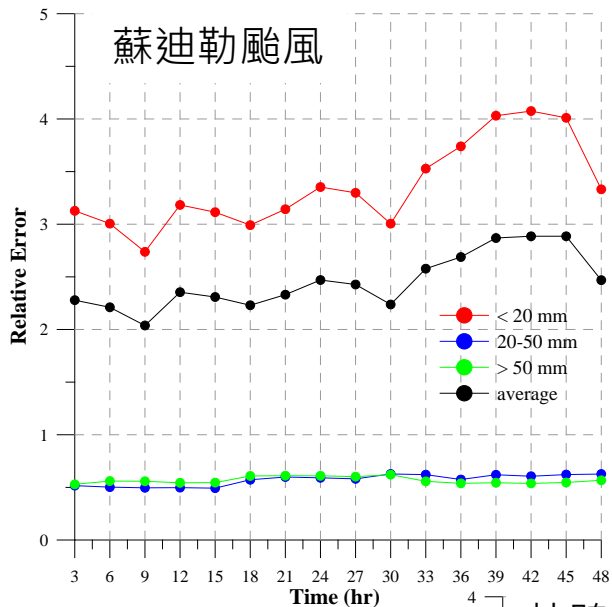
3,6..24累積雨量計算 → 7/7 06:00~7/9 06:00

3,6..24累積雨量計算 → 7/7 09:00~7/9 09:00

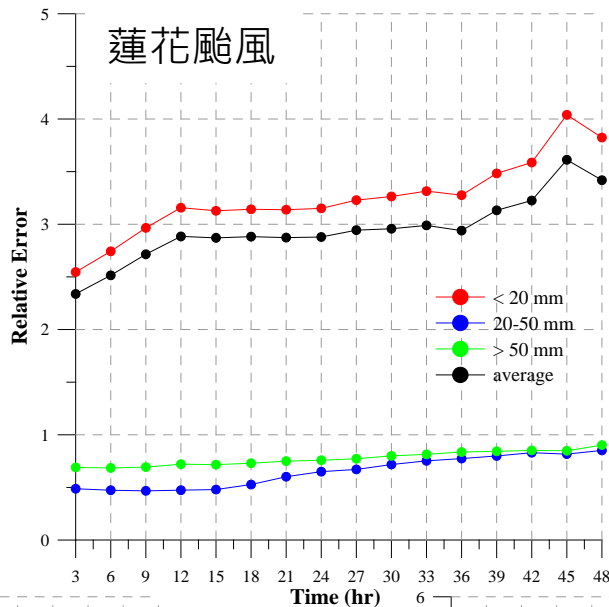


ETQPF逐3小時誤差分析

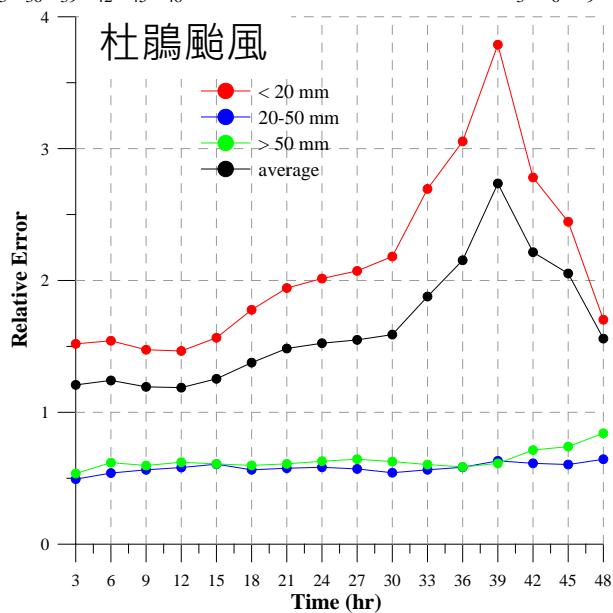
蘇迪勒颱風



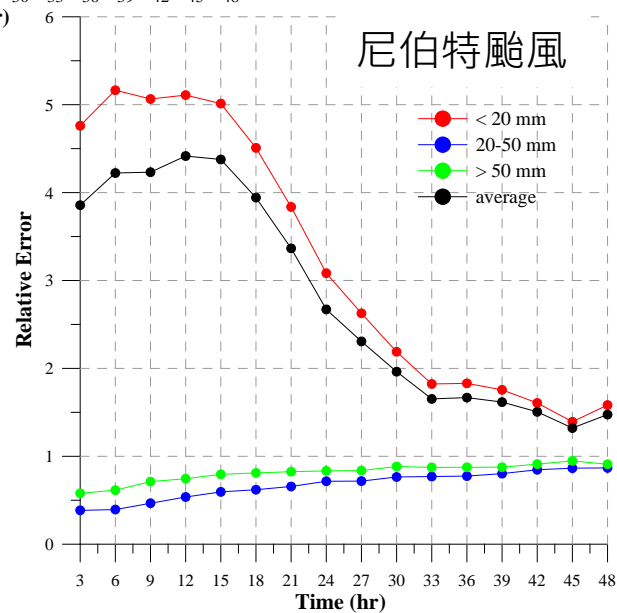
蓮花颱風



杜鵑颱風



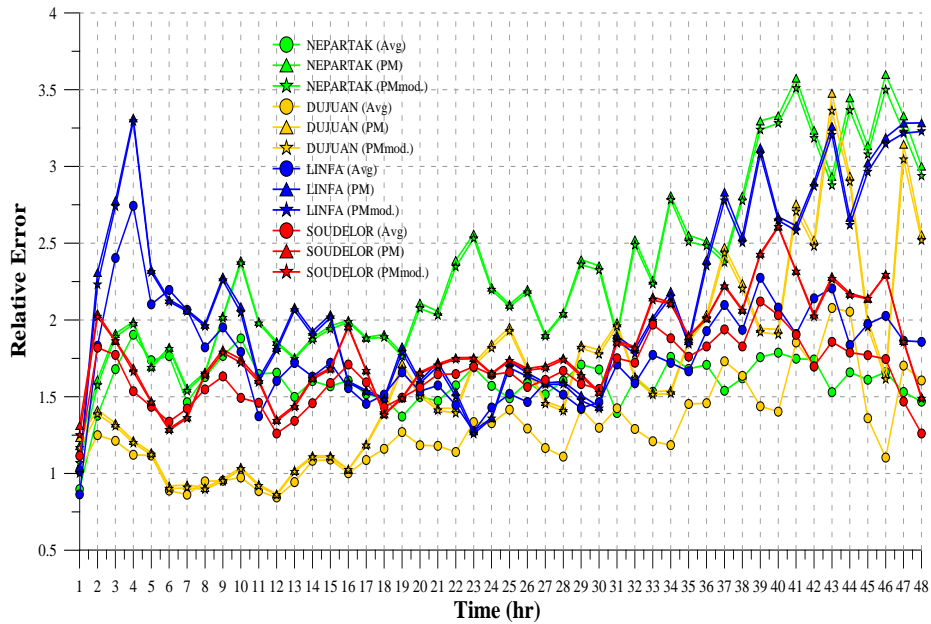
尼伯特颱風



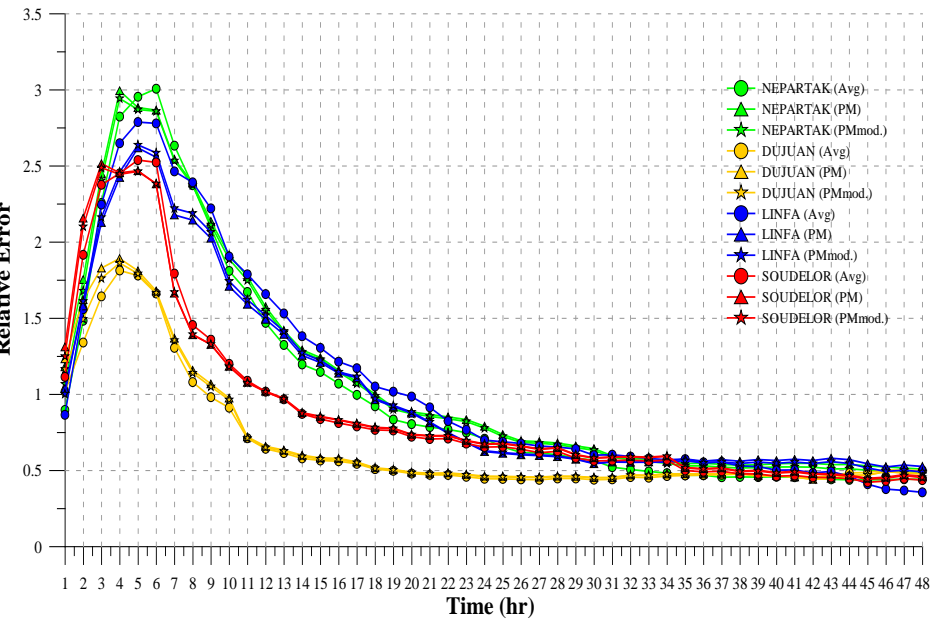
WRF雨量誤差分析

誤差計算
$$Err = \left| \frac{R_{gauge} - R_{prediction}}{R_{gauge}} \right|$$

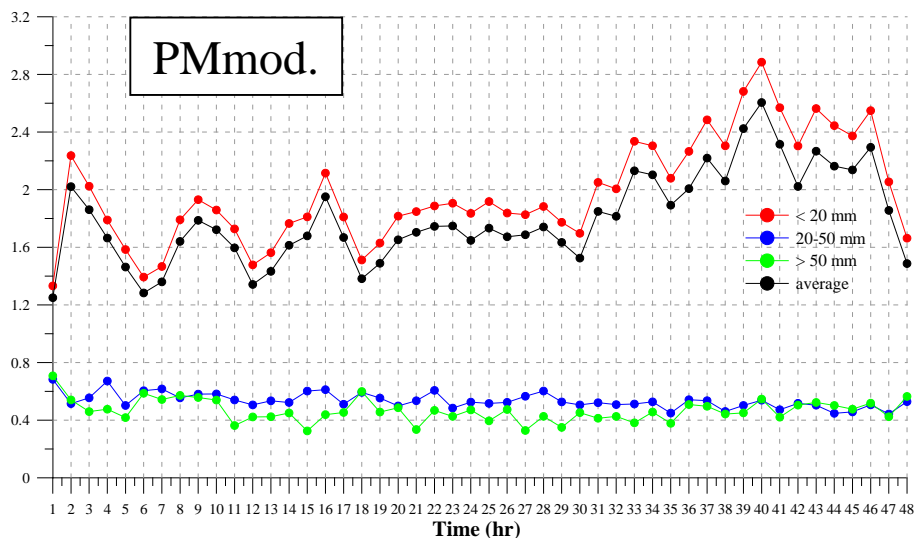
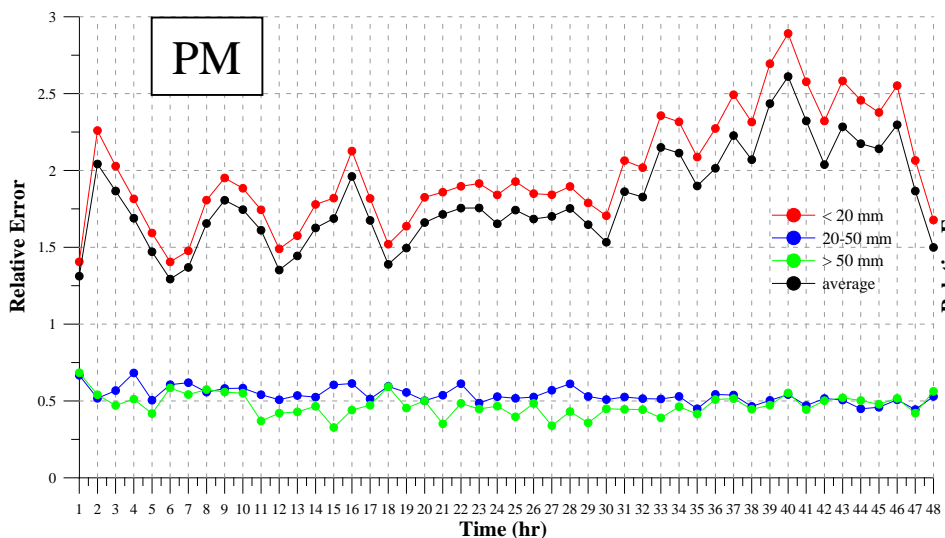
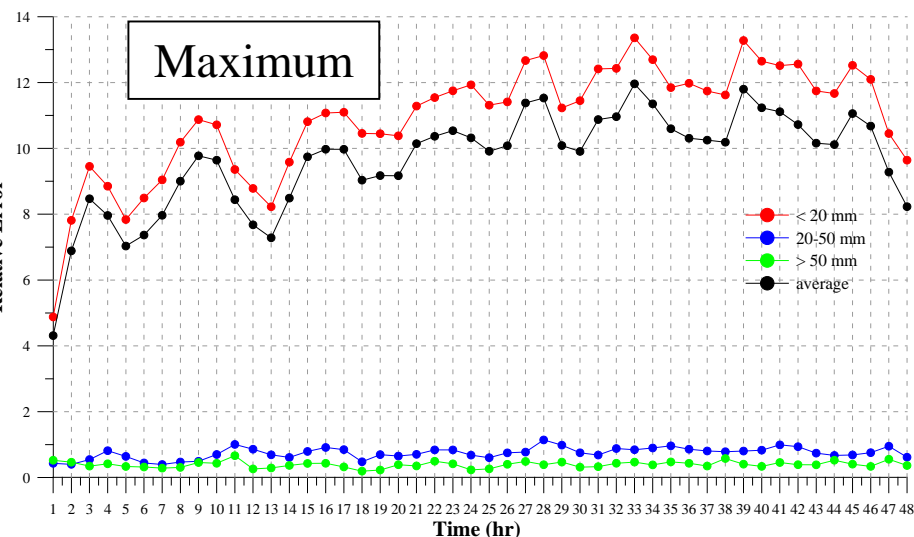
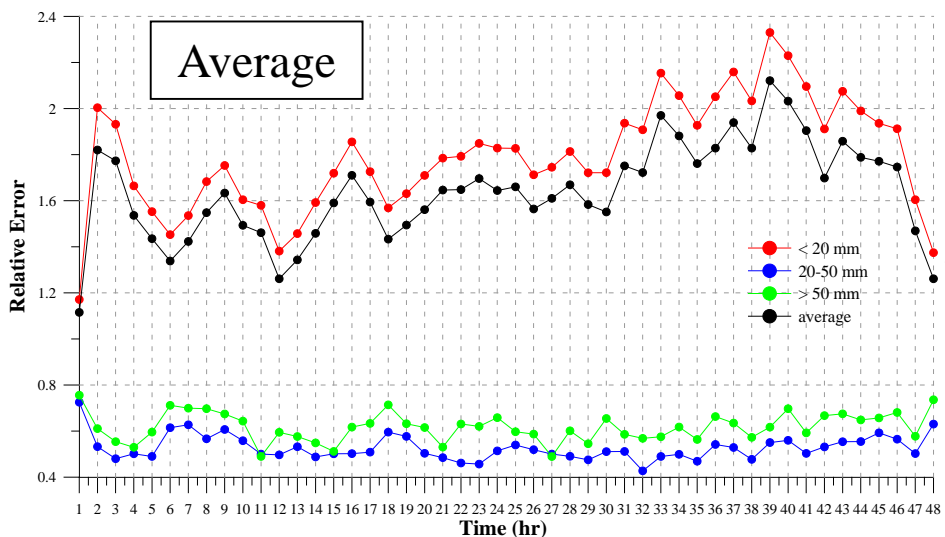
逐時雨量相對誤差



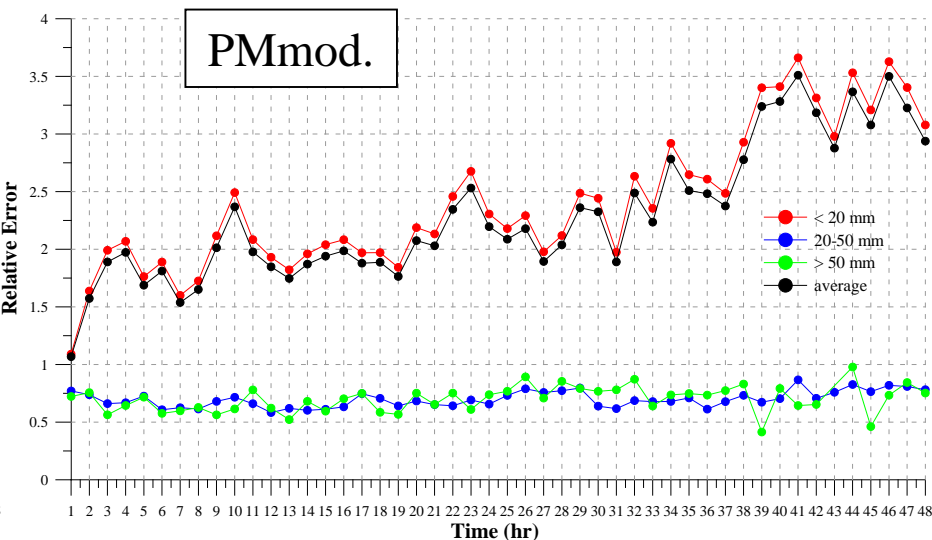
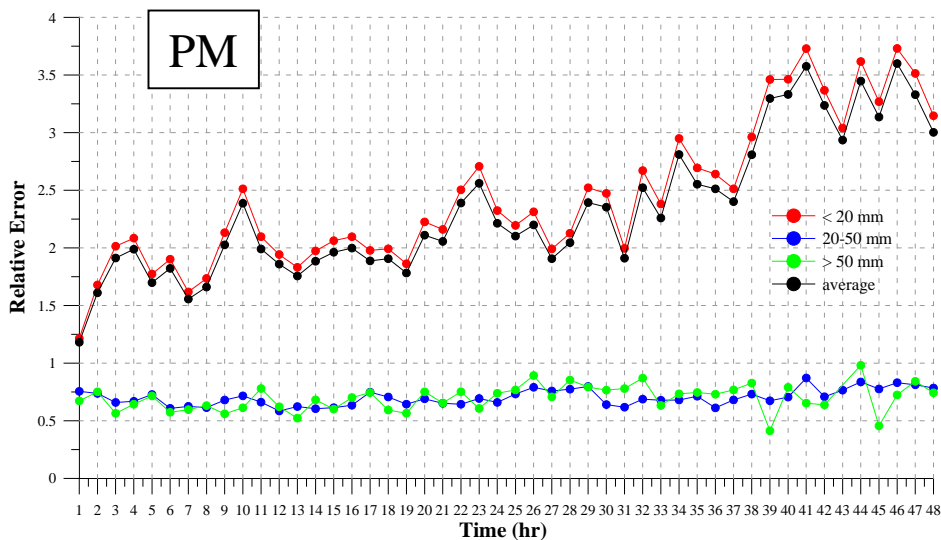
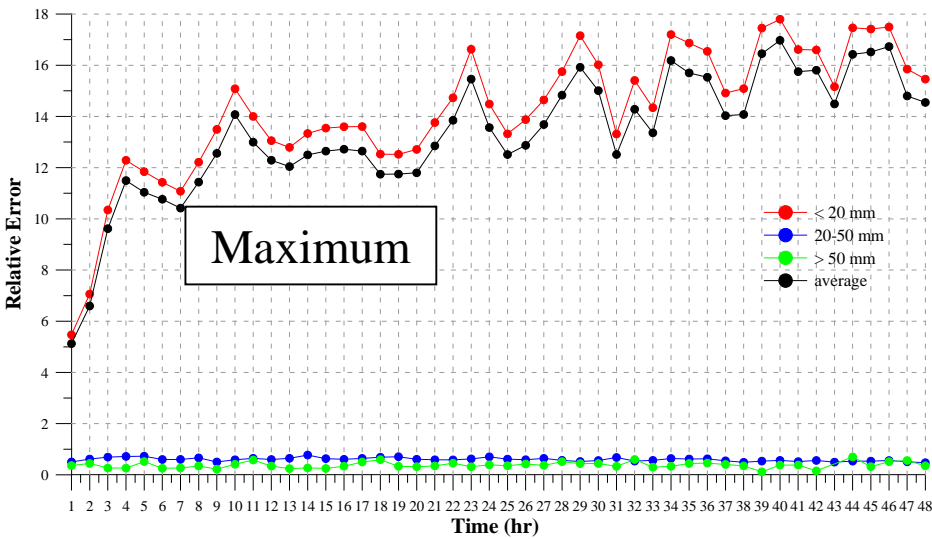
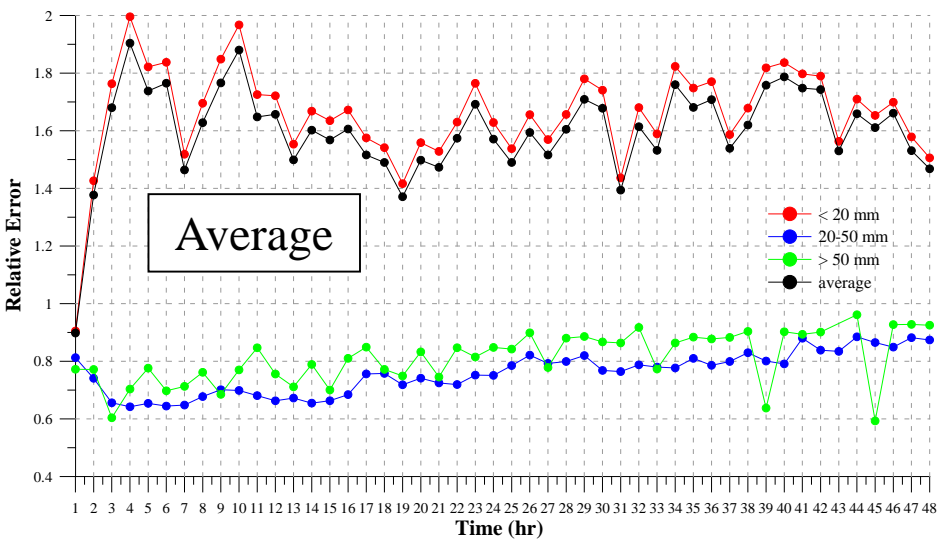
0-48小時累積雨量相對誤差



WRF系集降雨預報結果分析 – 蘇迪勒颱風



WRF系集降雨預報結果分析 – 尼伯特颱風



都市水災預警方法



下水道設計標準

- 以下水道規劃設計值設定30、60、90、120分鐘雨量警戒值 → 已建置全國322個鄉鎮市區預警系統



街廓人孔溢淹指標

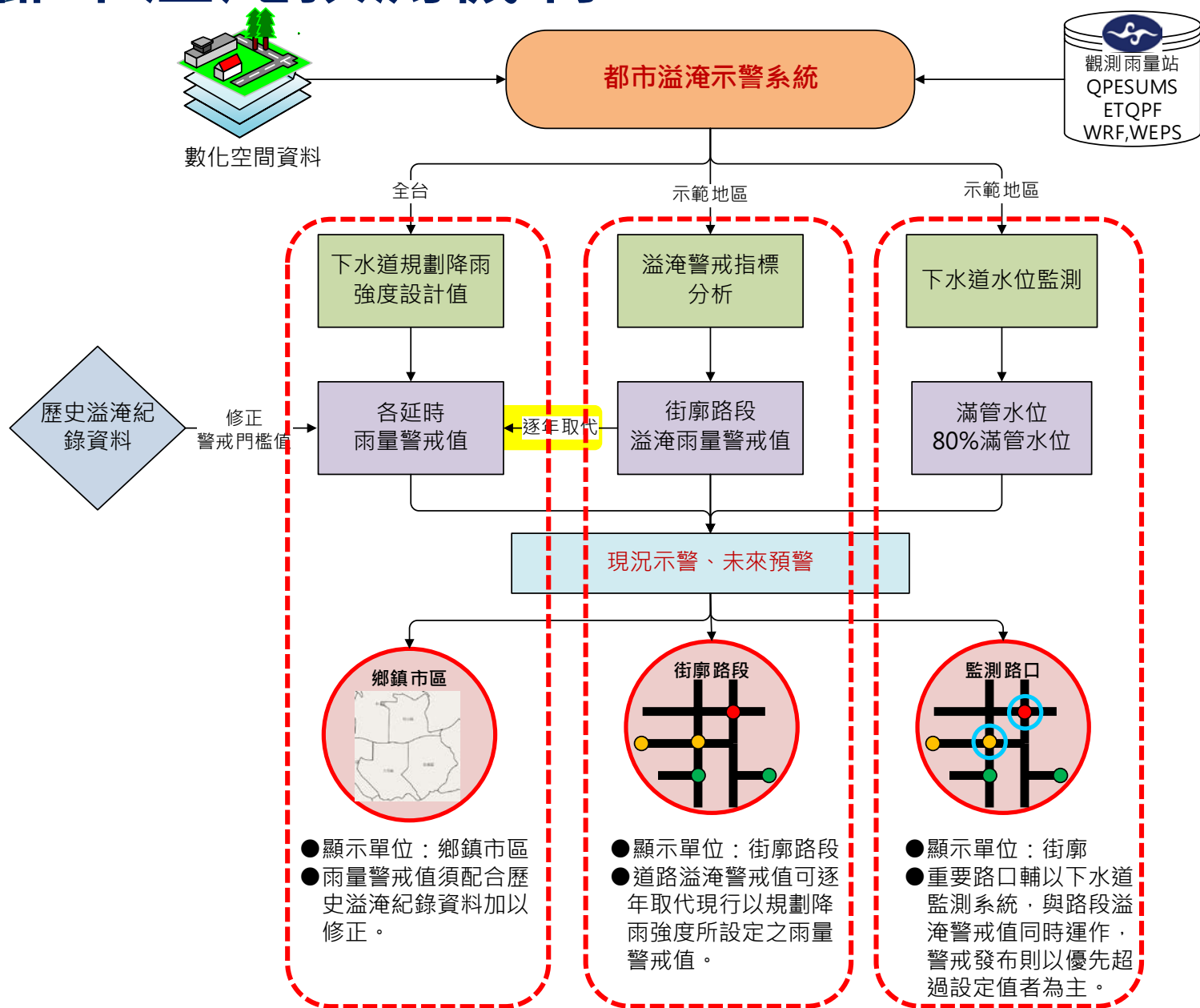
- 透過水理演算，求得降雨於某特定降雨延時內，使**瓶頸人孔溢淹**之臨界累積雨量 → 以宜蘭縣羅東鎮、新北市土城區為示範地區



水位監測

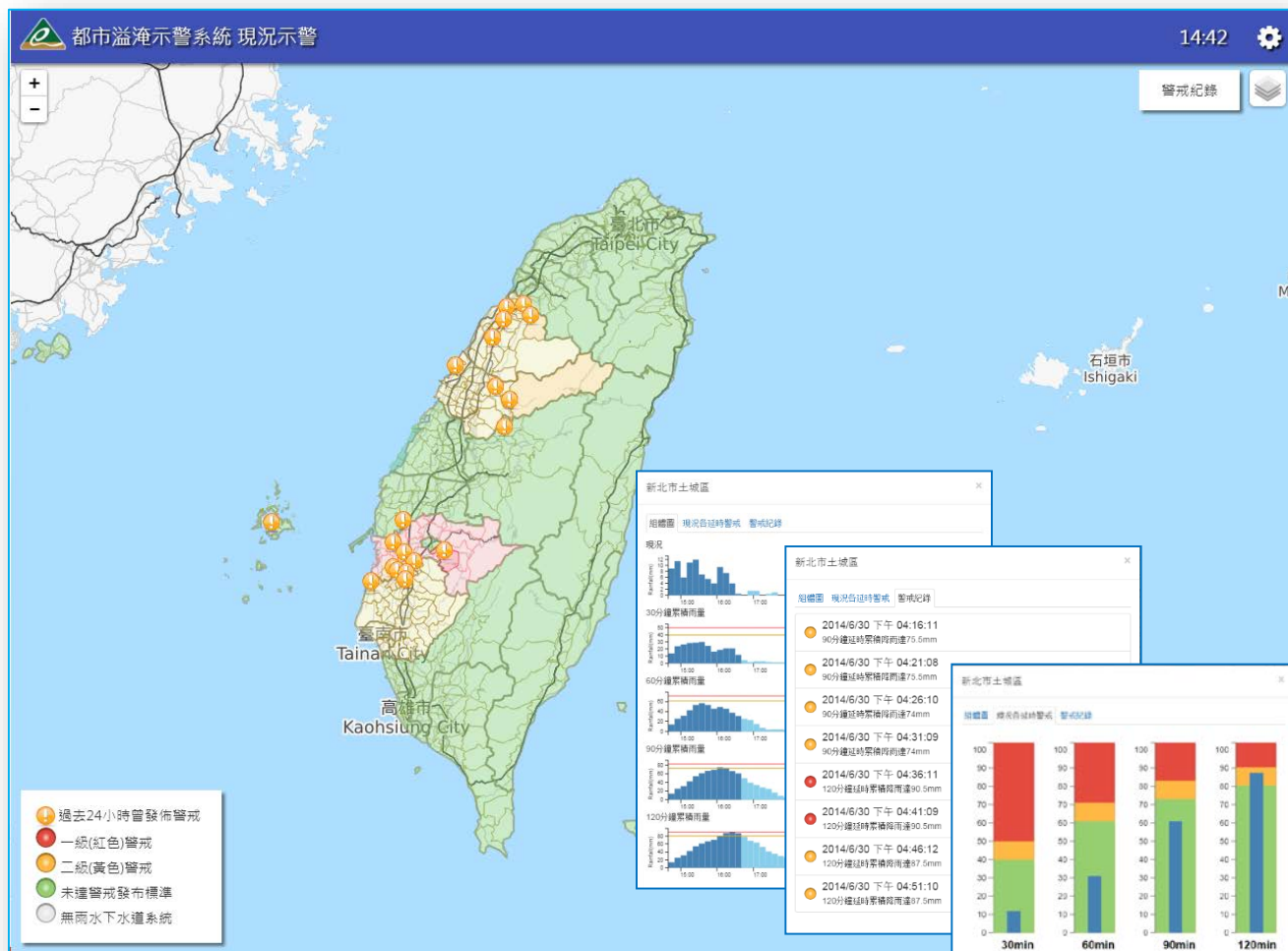
- 設置即時回傳水位監測系統，隨時監控雨水下水道水位變化 → 以新北市土城區為示範地區

都市溢淹預測機制



都市溢淹示警系統

- 登入網址：
<http://cityflood.cpami.gov.tw>
- 全國雨量警戒範圍：
22縣市(含台澎金馬)
322個鄉鎮市區
- 監控雨量站
877站
(氣象局10分鐘即時回傳雨量站)
- 現況預警
- 未來預警
- 即時報表產製



系統功能



都市溢淹示警系統



現況示警

- 以10分即時雨量與QPE雷達回波進行現況溢淹警戒分析



未來預警

- 同時採用觀測雨量與降水預報產品，分析未來6小時可能溢淹警戒地區



報表

- 彙整現況與未來警戒資訊，進行線上即時簡報產製



設定

- 警戒訊息接收設定
- 個人資料修改
- 密碼修改



參考資料

- 氣象參考資料
- 累積雨量排序
- 近期雨量查詢
- 相關連結



CEOC專區

- 情資研判簡報下載
- 情資研判值班人員聯絡資訊



「雨水下水道溢淹示警系統」

雨量站資訊



警戒資訊發送



報表產製

都市淹水預警 (未來6小時內)

ETQPF預報-官方路徑

(都市編號: 2014-9-20 11:31)

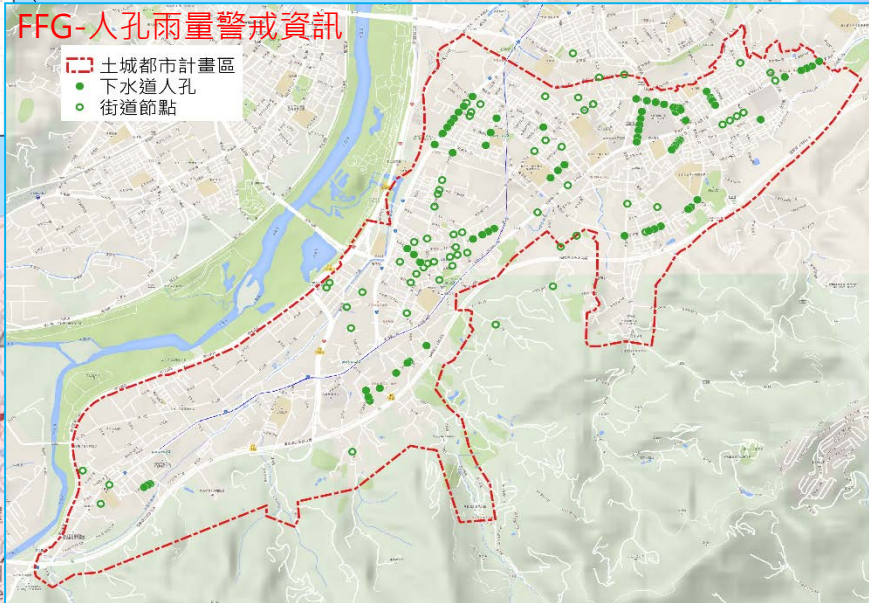
預報時間: 9/20 15:00:21:00

警戒	未來6小時都市警戒地區
二級 (黃色) 警戒	台北市(松山區, 內湖區, 南港區) 新北市(板橋區, 林口區, 八里區) 基隆市(七堵區)
一級 (紅色) 警戒	台北市(中正區, 大安區, 萬華區, 信義區) 新北市(永和區, 中和區)

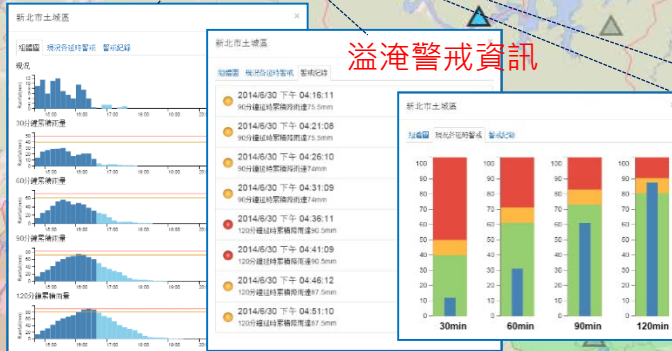
建議應變作為:

FFG-人孔雨量警戒資訊

- 土城都市計畫區
- 下水道人孔
- 街道節點



溢淹警戒資訊



水位監測資訊

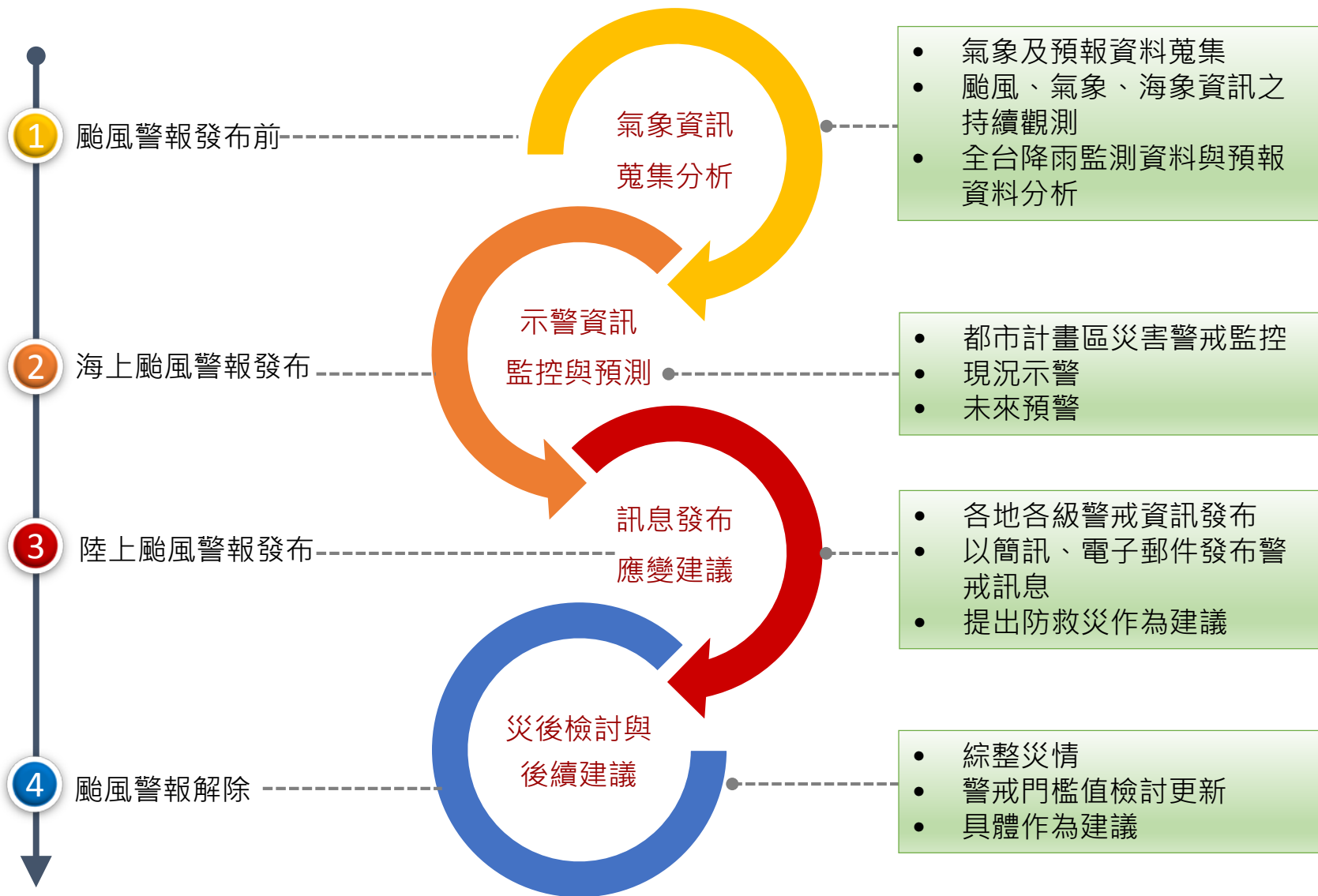


- 超過雨量警戒值
- 已達雨量警戒值
- 未達雨量警戒值
- 無資料
- ▲ 大雨雨量站 (1小時達40mm)
- ▲ 降雨雨量站 (10分鐘內曾降雨)
- ▲ 雨量站



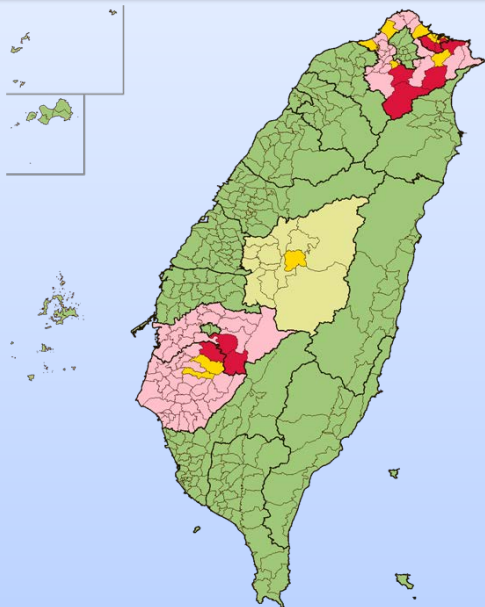
氣象及水情資訊綜整分析作業

已完成10次氣象及水情資訊綜整分析作業，共提供89份情資研判綜整簡報資料。

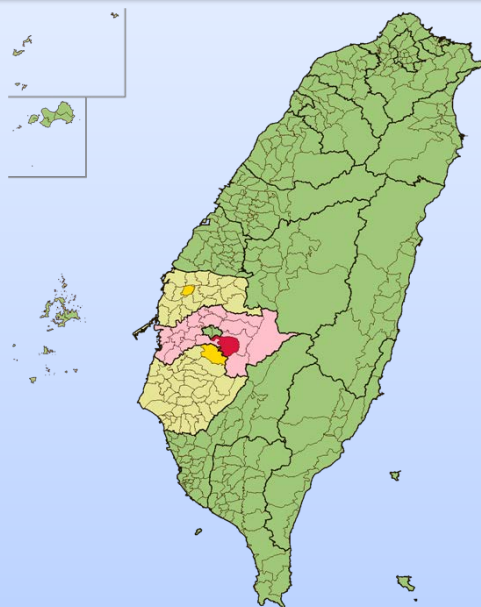


現況與未來示警資訊

現況示警 (9/28 21:00-22:00)



未來6小時預警 (9/28 23:00 - 9/29 05:00)



未來7-24小時預警 (9/29 05:10 - 9/29 23:10)



二級警戒

基隆市(仁愛區、中正區、中山區、安樂區) 新北市(萬里區、平溪區、中和區、林口區、淡水區) 南投縣(魚池鄉) 臺南市(東山區、六甲區)

雲林縣(褒忠鄉) 臺南市(白河區)

雲林縣(褒忠鄉)

一級警戒

基隆市(信義區、暖暖區、七堵區) 新北市(瑞芳區、新店區、坪林區、烏來區) 嘉義縣(中埔鄉、大埔鄉) 臺南市(白河區)

嘉義縣(中埔鄉)

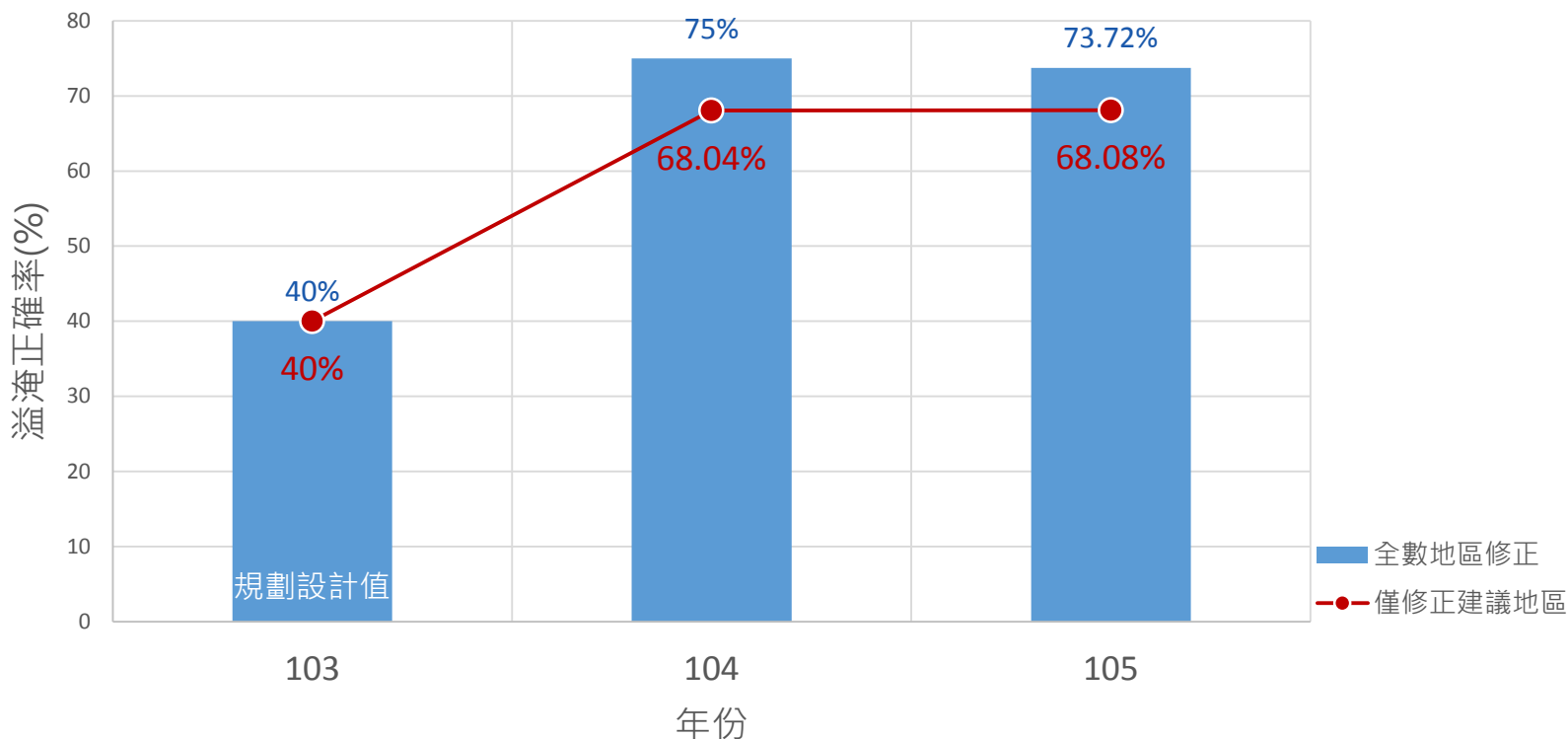
未達警戒發布標準

雨量警戒值正確率分析檢討

➤ 檢討更新各鄉鎮市區雨量警戒值，進行滾動式修正

規劃設計值平均積淹正確率：40%
滾動修正後平均積淹正確率：68.08%

- 應用2013-2016共14場颱風進行警戒值修正
- 總積淹通報事件：1989件(有效事件：777件)



- 考慮淹水通報樣本數，建議將選擇有效積淹水通報事件達15件以上之地區進行修正。
(臺北市北投區，彰化縣彰化市)



結論

- 短延時雨量警戒計算機制，可連結中央氣象局之即時觀測雨量資料、雷達回波降水估計產品、颱風定量降水預報，以及系集降雨預報產品，配合雨水下水道雨量警戒值，進行都市計畫區之現況與未來溢淹預警訊息發布，藉此作為都市防災決策參考依據。
- ETQPF與WRF在長延時累積雨量上之預報表現優於逐筆雨量預測，亦即此類預報資料擅於進行颱風整體雨量預測，但尚無法明確掌握降雨於時間上之分布。
- 雨水下水道系統係採用短延時降雨資料，而降雨之時間分布將為此機制下之重要因素，惟預報產品仍有一定之誤差風險存在，管理單位防救災人員在使用各類降水預報產品時，應注意降水預報產品之預報極限能力與風險，以擬定合適之防災策略。



結論

- 「都市溢淹示警系統」可即時提供氣象資訊、水情分析、簡報製作、警戒發布，為災防相關作業輔助平台。經利用近年14場颱風暴雨事件進行雨量警戒值之修正檢討後，本系統針對都會區之溢淹預警正確率約可達68.08%，整體正確率為98.27%。



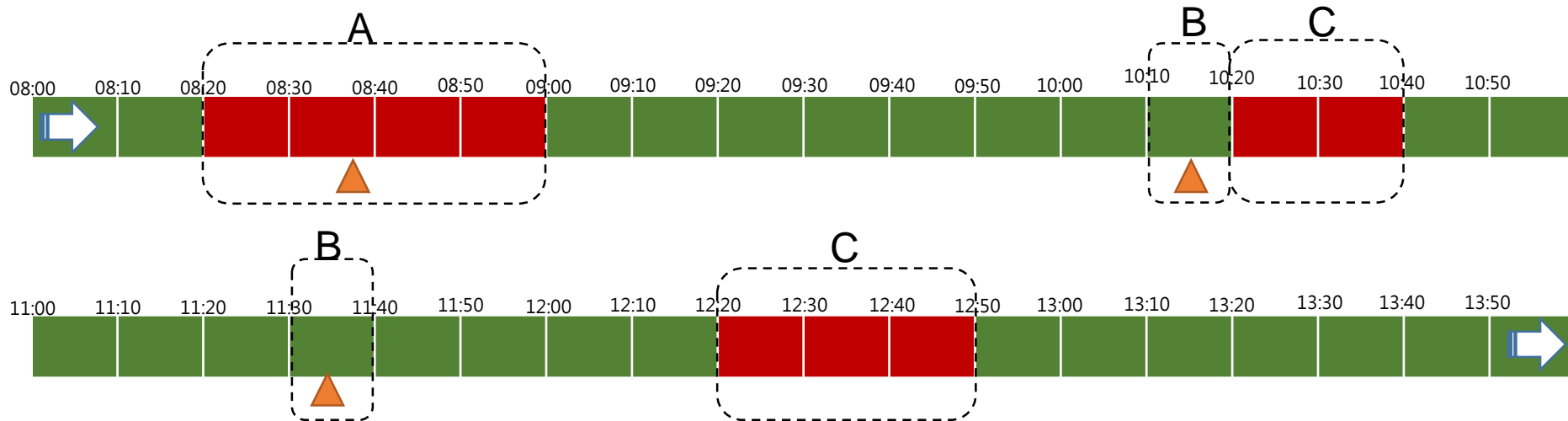
敬請指教



警戒正確率

系統 \ 通報	積淹	無積淹
發布警戒	A(正確)	C
未發布警戒	B	D(正確)

- ▲ 淹水通報
- 警戒發布
- 未達警戒標準



- (A)有積淹且發布警戒：4
 - (B)有積淹但未發布警戒：2
 - (C)無積淹但發布警戒：5
 - (D)無積淹且未發布警戒：25
- 總分析筆數：36

$$\text{積淹警戒正確率} = \frac{A}{A+B} = 67\%$$

$$\text{無積淹警戒正確率} = \frac{D}{C+D} = 83\%$$

$$\text{整體警戒正確率} = \frac{A+D}{A+B+C+D} = 80\%$$

WRF 系集降雨預報雨量機率分布

