

氣象與防災

黃椿喜 博士

氣象預報中心 副主任



中央氣象署



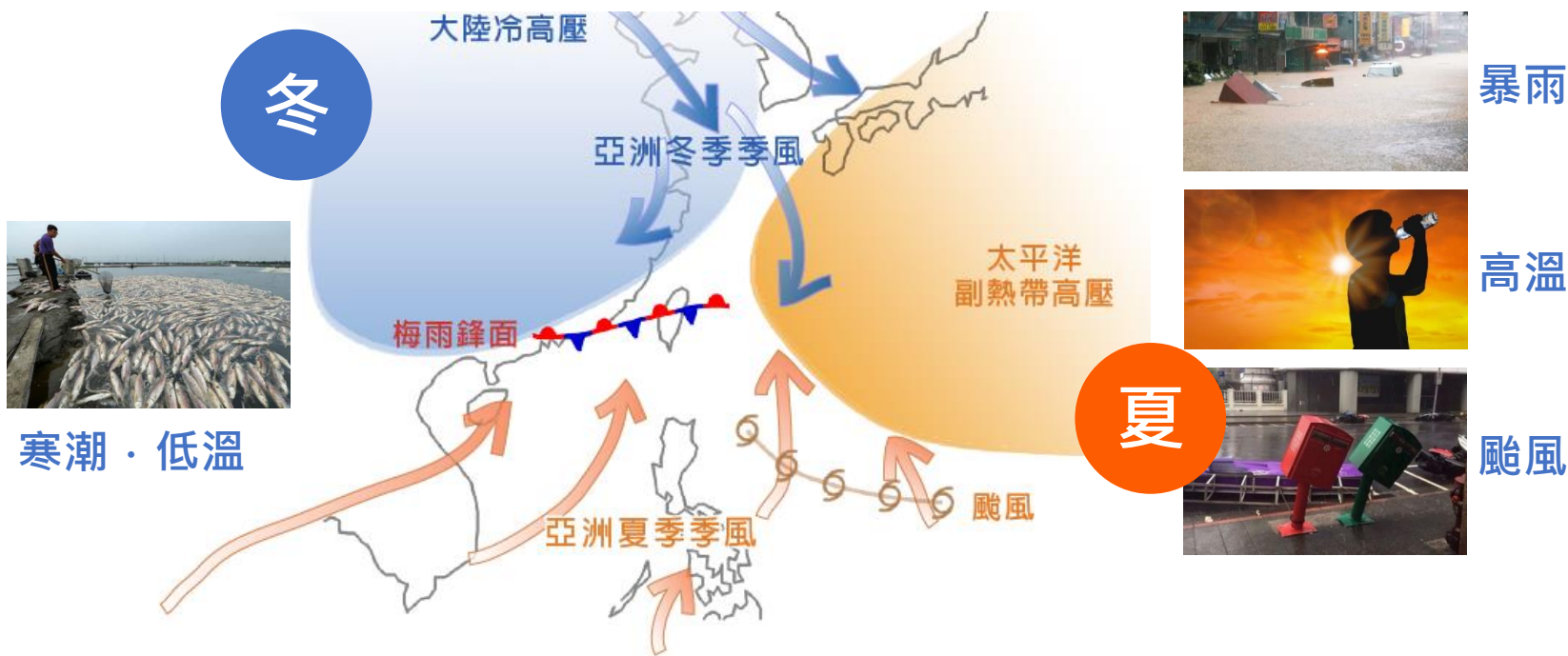
氣象預報中心
Weather Forecast Center

臺灣受颱風、豪雨、地震影響易引發複合型巨災威脅

> 特殊地理、複雜地形、海陸、板塊交界

1. 全球最大季風系統與副熱帶太平洋海洋、大氣交互影響下，易受颱風、豪雨、高溫、寒潮等極端劇烈天氣衝擊
2. 位於歐亞、菲律賓與太平洋3大板塊交界，地震與海嘯潛在影響
3. 新生代造山運動不穩定地質，在颱風、豪雨或地震衝擊下引發山崩、土石流、洪水等複合型巨災威脅

全球暖化與氣候變遷



暴雨



高溫



颱風

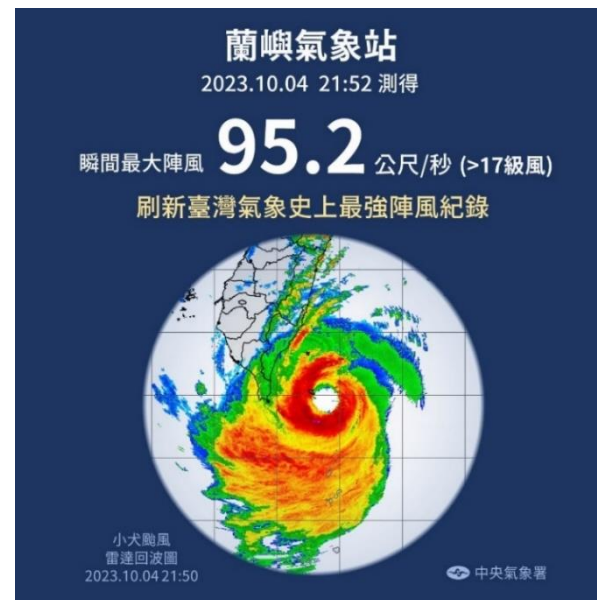
地震



0918池上地震(2022)
花蓮玉里高寮大橋

全球暖化、旱澇加劇，創紀錄的極端劇烈天氣頻傳

1. 近年少颱風影響，導致2020-21、2022-23年2次世紀大旱
2. 8月，卡努颱風引進西南風，極端劇烈降雨重創南投仁愛。然，颱風降雨也解除南部世紀大旱
3. 9月，海葵颱風睽違4年(1471日)再度登陸臺灣
4. 10月，小犬颱風近海增強，挾破紀錄 >17 級(95.2 ms^{-1})的強陣風重創蘭嶼



回應WMO於COP27「全民早期預警(Early Warning for All)」倡議

- > 確保所有人免受人為影響氣候變遷導致極端災害天氣、洪水與氣候事件而影響生命安全
- > 5年投入31億美元，發展複合型災害早期預警系統(Multi-Hazard Early Warning Systems, MHEWS; 2023-2027)
- >> 聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)第27次締約方大會首度揭露(COP27, 2022埃及)
- >>> 各國響應並陸續提出對策(COP28, 2023杜拜)

災害風險知識 (3.74億)

(Disaster risk knowledge)

系統化蒐集資訊，
並災害及脆弱性進行風險評估

準備與應變 (10億)

(Preparedness & Response)

建立國家及社區的反應能力

關鍵4要素



觀測與預報 (11.8億)

(Observation & Forecasting)

發展災害監測及早期預警服務

傳播與溝通 (5.5億)

(Dissemination & Communication)

傳播容易理解及使用的風險訊息
給所有需要的人

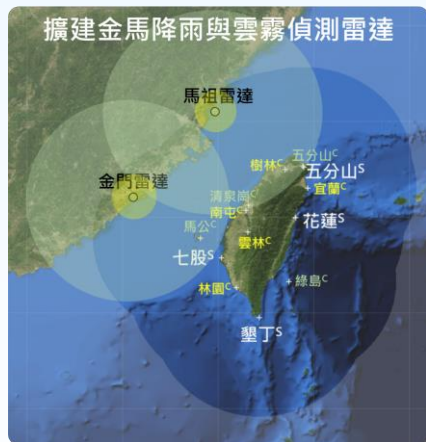
政院新頒布「災害防救基本計畫(113-117)」

> 納入「強化極端氣象監測與預報技術」重點議題

強化災防氣象 監測量能



提升雷達觀測網覆蓋率，精進地、海、空、太空天氣觀測設施與技術

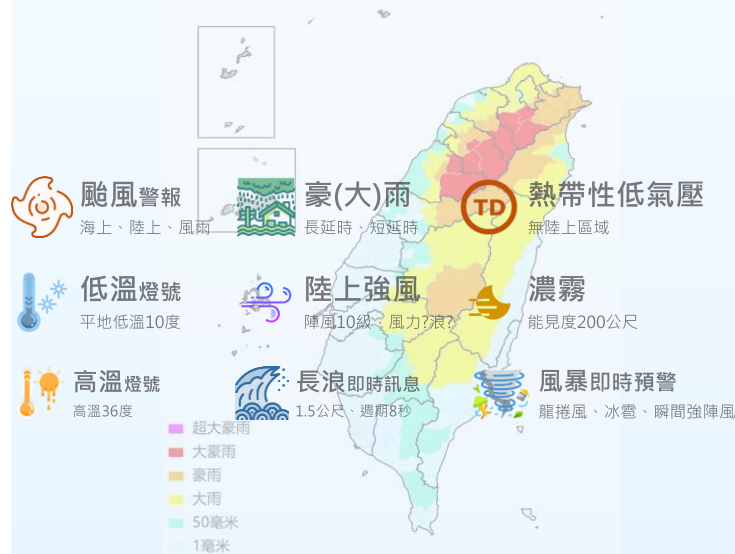


雷達為災防即時預警之核心設施

產製更細緻準確之 氣象數位資訊



升級超級電腦，精進數值天氣預報，布局人工智慧科學預測、提升數位精緻化預報作業量能



精進災防決策支援之 氣象預警服務



升級鄉鎮層級天氣預警、加強中央與地方災害性氣象情資溝通、精進有感預警決策支援服務、深化跨領域應用與產學合作之夥伴關係



廣設大氣、海洋與地震觀測站

大氣 觀測強化

1. 新增沿岸氣象站(110-112年增85站)
2. 建置自動探空系統(彭佳嶼)
3. 強化邊界層觀測，發展新式微型探空、無人機及光達高空剖面觀測



氣象站600+(新增沿岸85站)



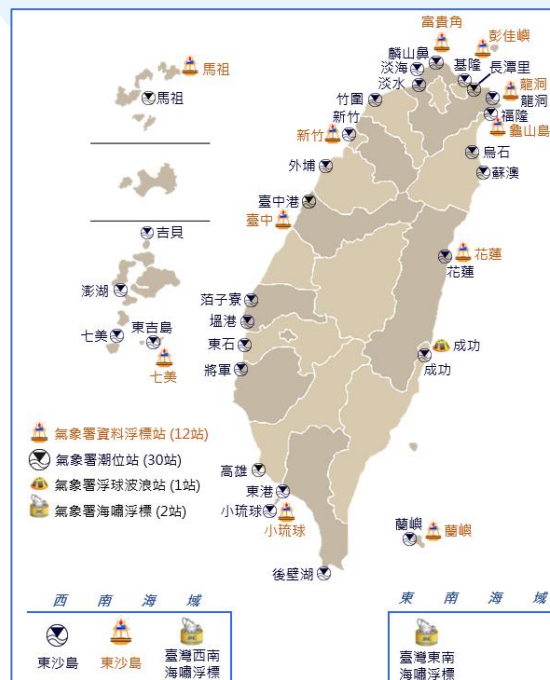
自動探空系統(彭佳嶼)



微型探空、AIS船舶觀測

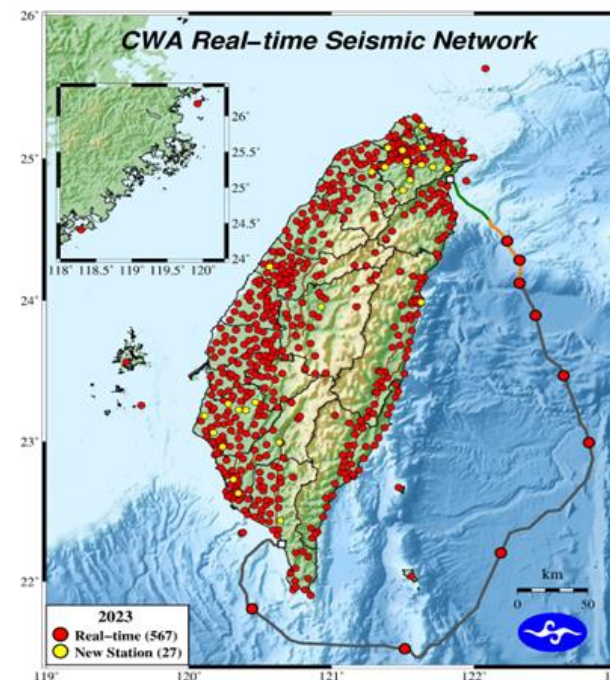
海象 觀測強化

布建各式海象觀測系統，強化異常波浪(瘋狗浪)及裂流(離岸流)監測預警



地震 觀測強化

加密地震監測、提升傳輸處理效能，朝向10秒邁向7秒地震預警



架構地、海、空、太空天氣垂直整合觀測網

1. 劇烈天氣監測雷達網全面升級雙偏極化

> 新建都會防災降雨雷達：林園、南屯、樹林、雲林(2023)、宜蘭(2024)

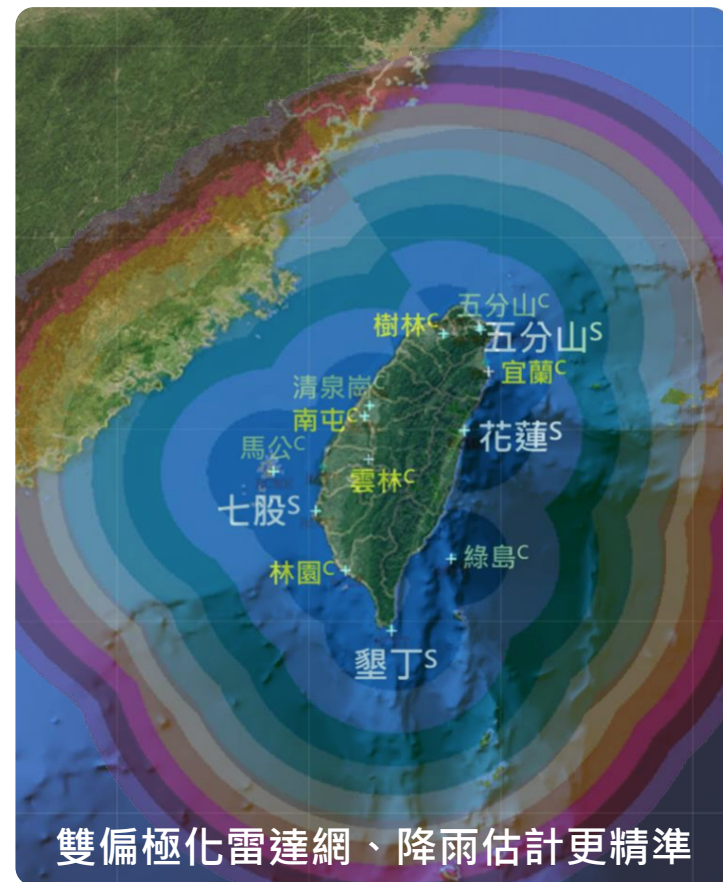
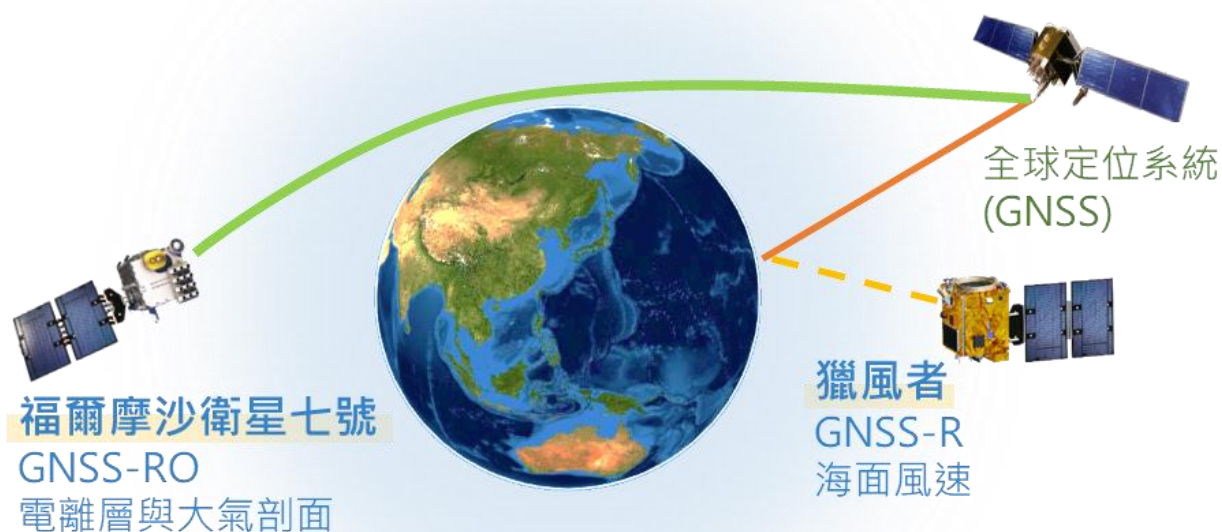
> 完成大範圍S波段雷達升級：七股、墾丁、花蓮

2. 規劃建置金馬雙波段雷達(114-119)

> 提升金馬、海峽及西部劇烈天氣更早期預警時效與能力

3. 強化福衛七號大氣與電離層電子濃度監測

4. 收集獵風者號衛星觀測，提供海面風場資料



完成第6代高速運算電腦建置

(一)112年底建置完成

- 10 Pflops CPU算力，較第5代增長7倍。
- 2 Pflops GPU算力，提供AI/ML運算(第6代特色)。

(二)效益：支持數值預報作業發展

- 新一代全球天氣預報系統上線。
- 區域模式1公里解析度上線。
- 提供開發人工智慧於氣象之應用。

(三)排名：臺灣第1名

- 世界TOP500：第69名

(peta：千兆、FLOPS：每秒鐘浮點數計算次數)



第6代高速電腦 10 PFLOP/s GPU 計算能量



全機房設備模擬圖

主要氣象觀測系統與應用



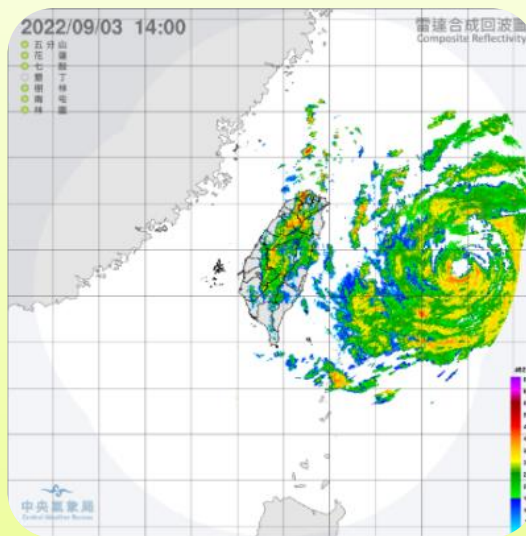
傳統/自動觀測
現場觀測 (In-situ)



地面、高空多點觀測
單點監測



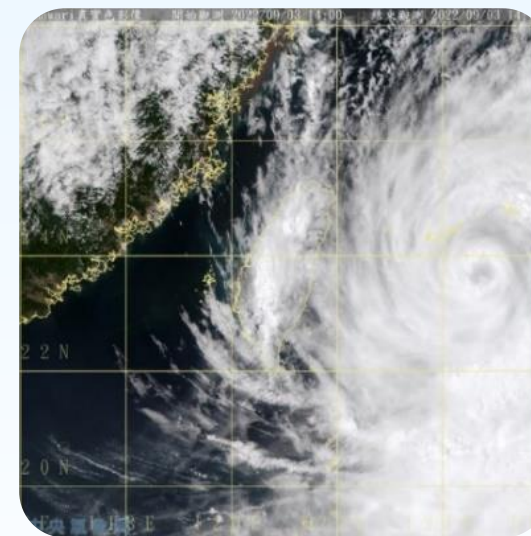
雷達
遙測(主動)



精準面化估計
監測與即時預(警)報



衛星
遙測(被動)

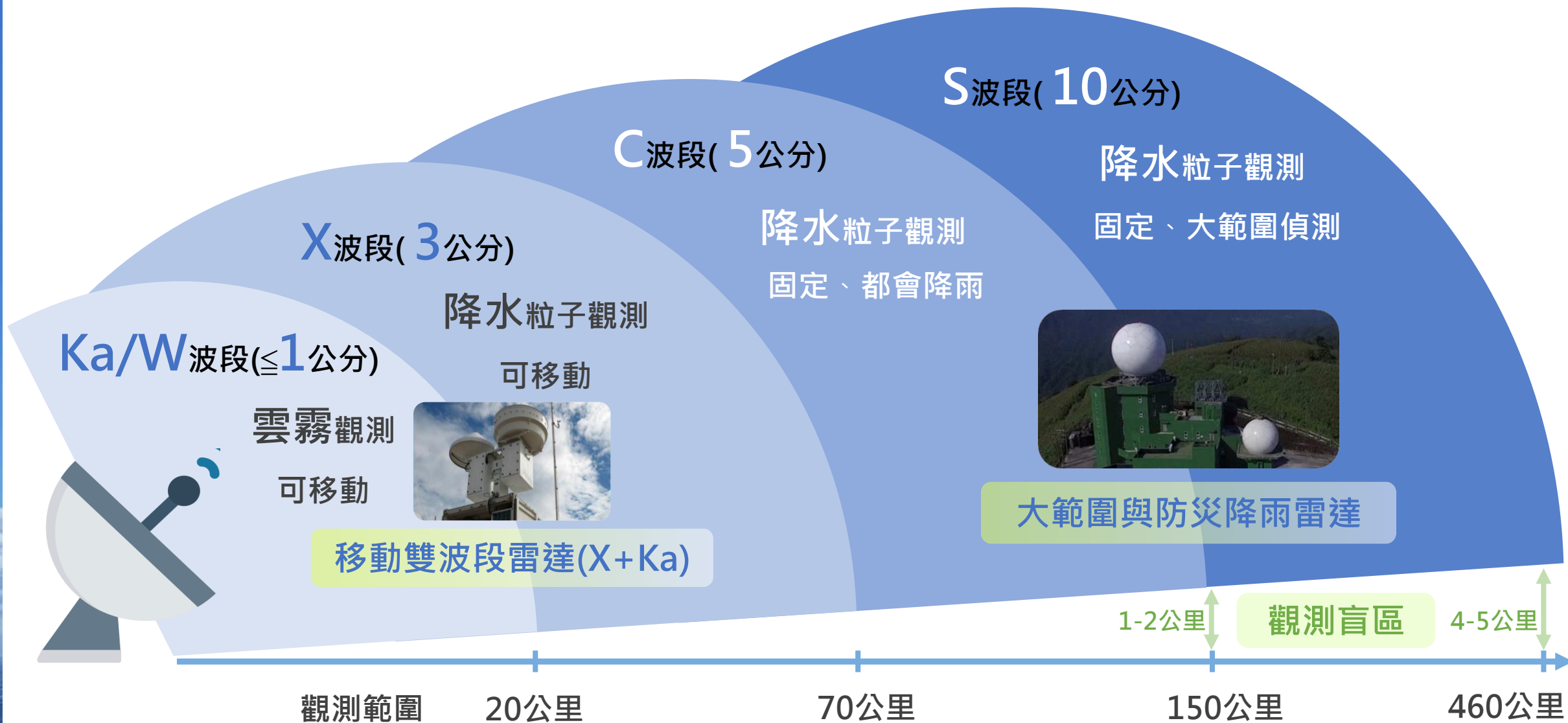


面化估計
定性趨勢推估

氣象雷達使用之波段、範圍與偵測能力

> 距離越遠，偵測高度越高，無法有效觀測劇烈天氣之低層關鍵特徵

雷達與降雨即時監測



強化我國雷達網西側拼圖、金馬濃霧監測並發揮機動雷達價值

> 爭取西部上游劇烈天氣3-6小時提早偵測能力

> 現行氣象雷達網即將完成升級**雙偏極化**

- 4座大範圍雷達：五分山、七股、墾丁、花蓮
- 5座都會防災降雨雷達：北中南、宜雲(2024)
- 雙波段可移動式雷達(X+Ka波段；2024)
- 空軍雷達(清泉崗、馬公、綠島)
- 納入東亞雷達整合(日、菲、韓、香港)

> 提升金門、馬祖及海峽**雷達覆蓋率(S/C波段)**

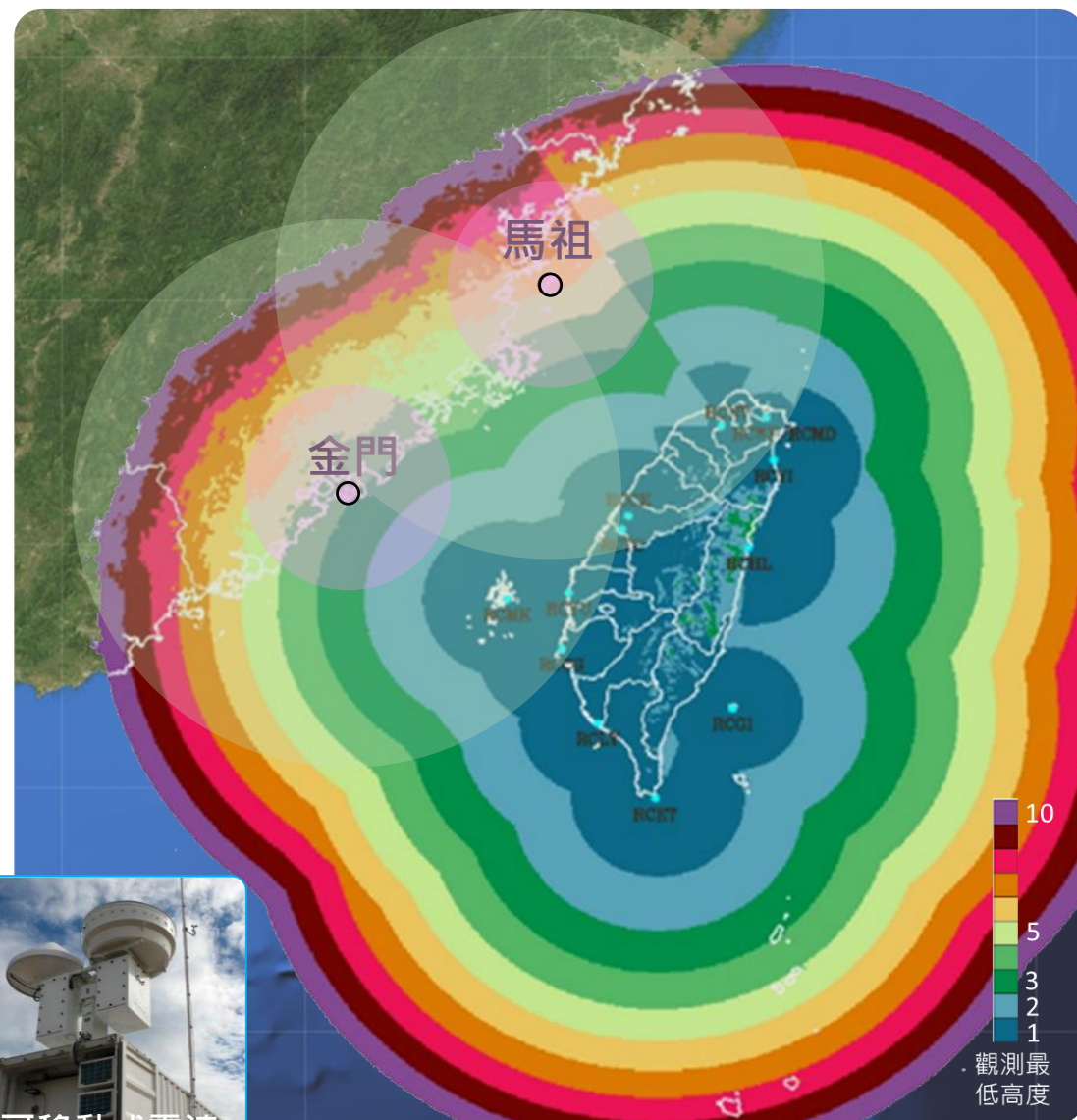
- 改善金馬雷達掃描品質
- 爭取西部、海峽上游劇烈天氣早期預警時效
- 增加海峽雙雷達合成(風場)覆蓋率不足

> 強化金馬**濃霧監測能力(毫米波段)**

- 提供年節金馬**交通疏運**及**旅遊**濃霧監測預報

> 發揮前期採購之**可移動式雷達**價值

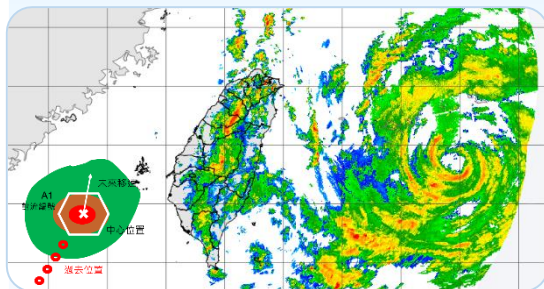
- 補地形觀測死角，強化機關合作定點定期觀測



現行雷達技術發展與即時預警作業技術

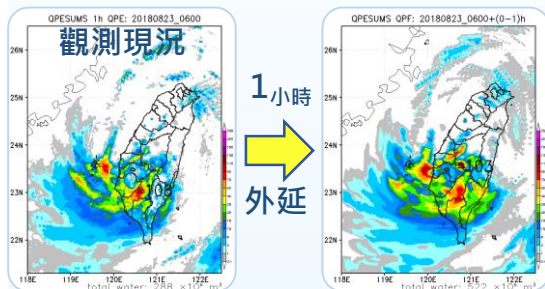
雷達應用與預警技術

雷達觀測 (現況監測)



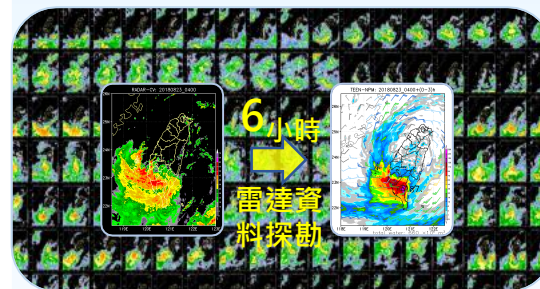
對流胞追蹤、降水分類
雨量、風場估計
劇烈天氣分析

雷達推估 (未來1小時)



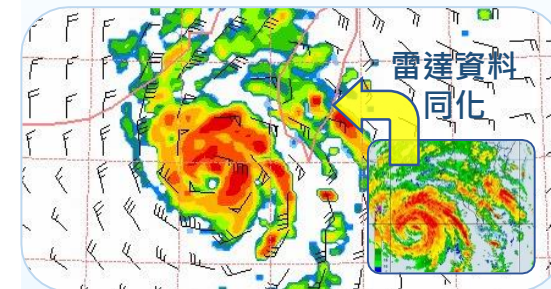
對流胞外延預報
雷達雨量預報(時雨量)
即時預警

大數據雷達資料探勘 (未來6小時)



整合觀測與(系集)模式
極短期預報(3小時雨量)

雷達資料同化 (未來12小時)



數值天氣預報模式
極短期預報



多維度、多重時空尺度、多變量大數據與雷達資料探勘

> 系集預報系統構成多維度巨量資料：XYZ、系集、初始時間、預報時間

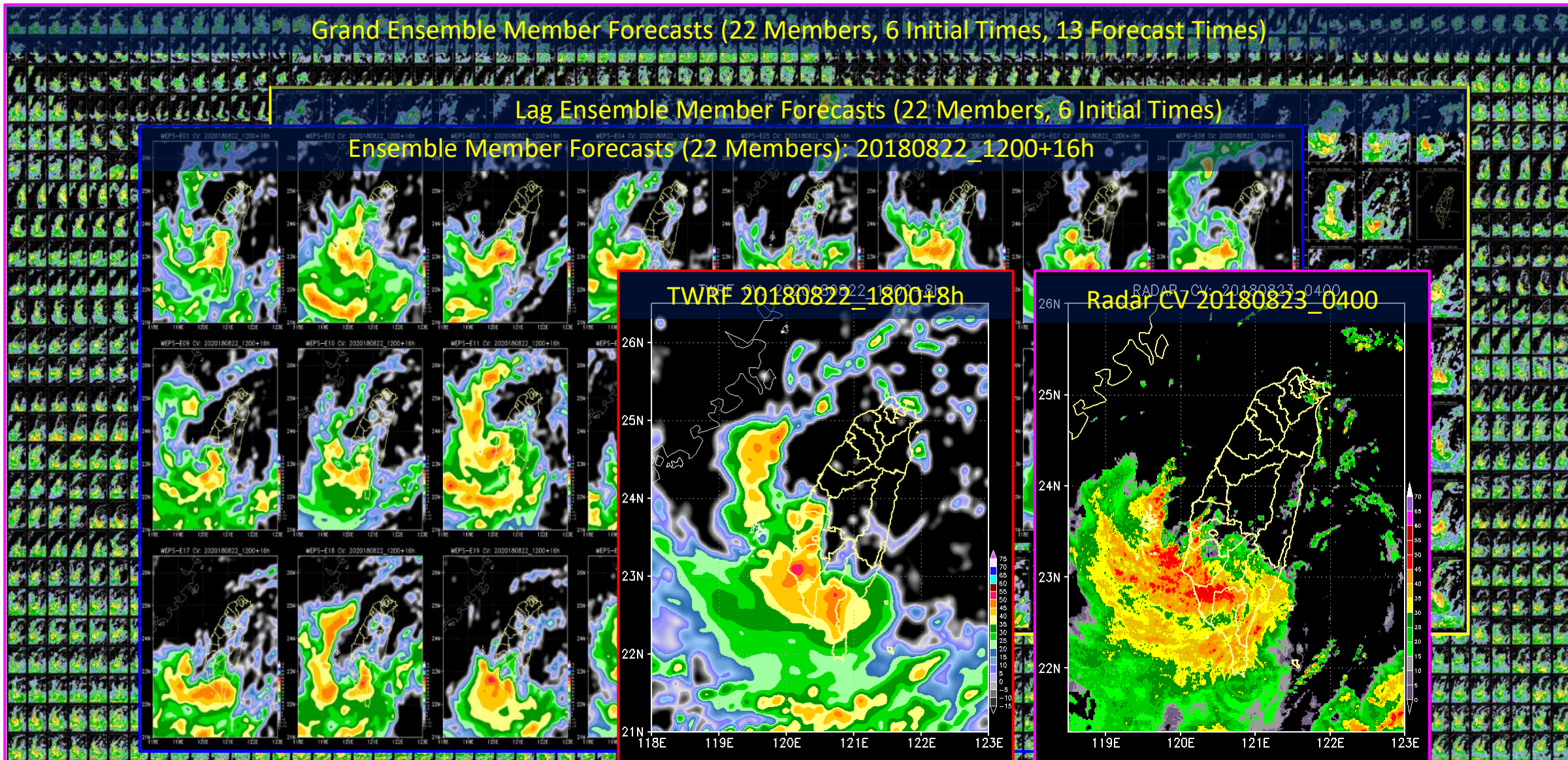
Grand Ensemble Member Forecasts (22 Members, 6 Initial Times, 13 Forecast Times)

Lag Ensemble Member Forecasts (22 Members, 6 Initial Times)

Ensemble Member Forecasts (22 Members): 20180822_1200+16h

TWRF 20180822_1800+8h

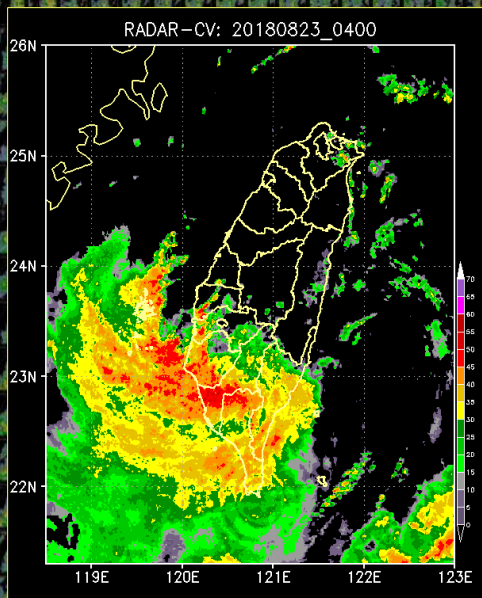
RadAR CV 20180823_0400



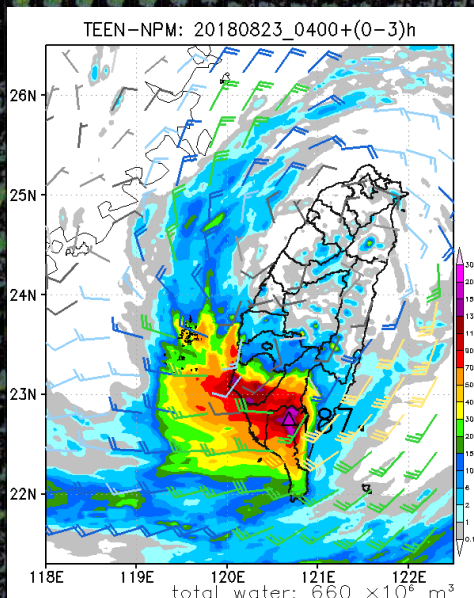
強化數值天氣預報、統計與大數據資料科學作業應用

預報作業整合技術

雷達觀測
2018年8月23日12時

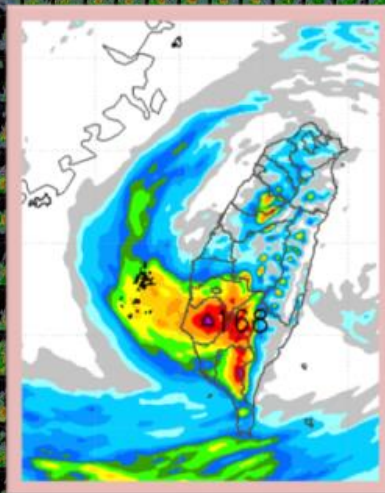


雷達資料探勘
0-3小時定量降水預報

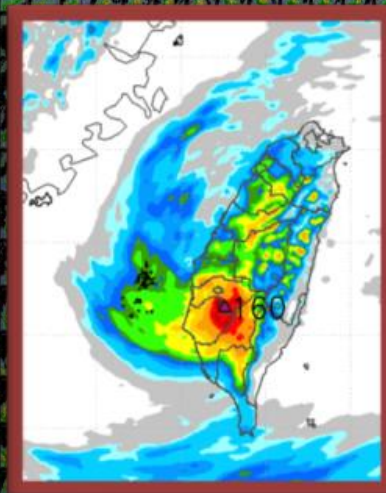


3小時定量降水
即時預報示意

第0-3小時



第3-6小時



多維度(初始時間、預報時間、系集、空間)模式系集預報大數據與雷達資料探勘預報

逐步開展人工智慧AI預報與應用技術



目前AI於天氣監測、預警、服務與各領域應用之技術研發



預報與預警應用

颱風、強降雨、異常波浪、暴潮及地震



數值模式產品優化

系集雨量預報、地面溫度預報、雲量預報、三至四週環流預報



監測應用

雲量辨識、飛機積冰、雷雨胞追蹤



綠能

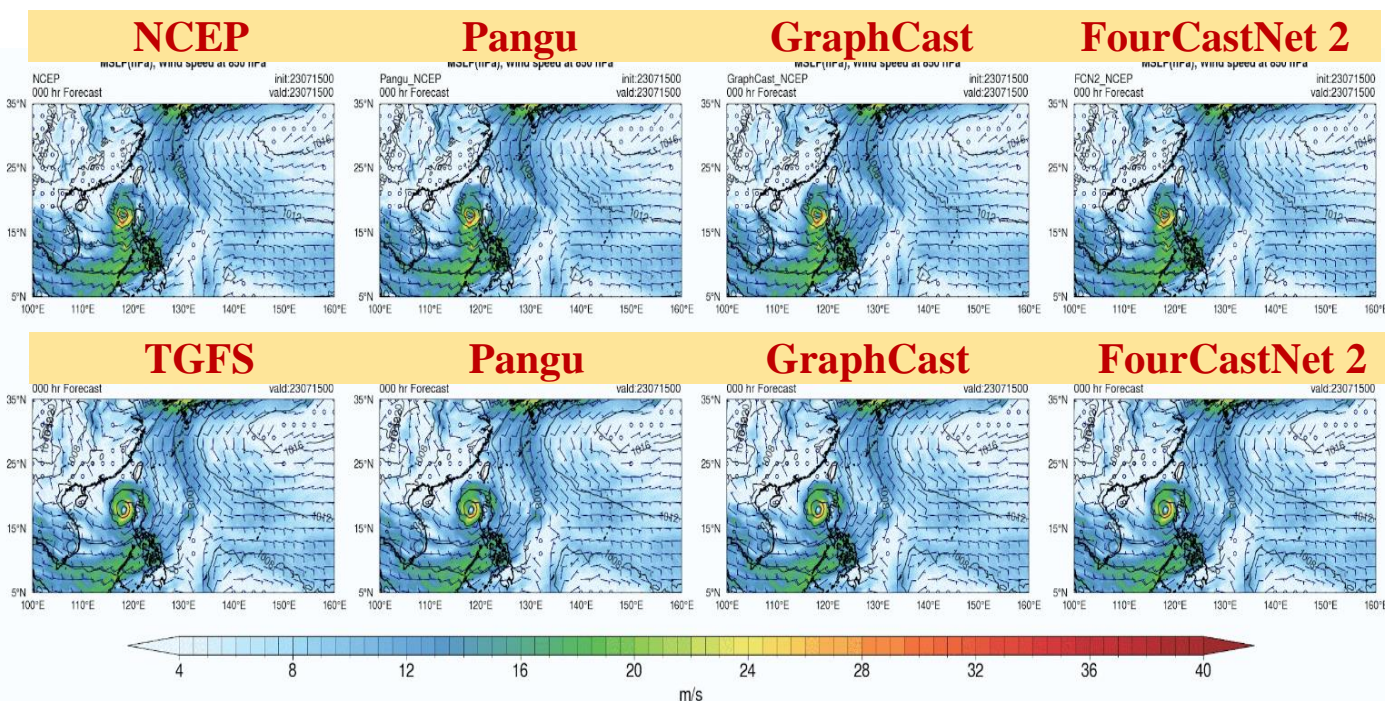
日射量預報、雲量預報、100米風



健康

空氣品質預報、熱指數預報、氣膠光學厚度

評估資料驅動之氣象大模型之應用與發展



面臨的挑戰

- 對於大尺度環境及颱風路徑有不錯的表現
- 全球模型(25km)對於區域性天氣解析能力不足
- 缺乏對於降水預報與劇烈天氣系統強度的掌握能力
- 預測變數不足的問題待處理/極端事件的預報能力待釐清/科學問題的診斷工具待開發.....

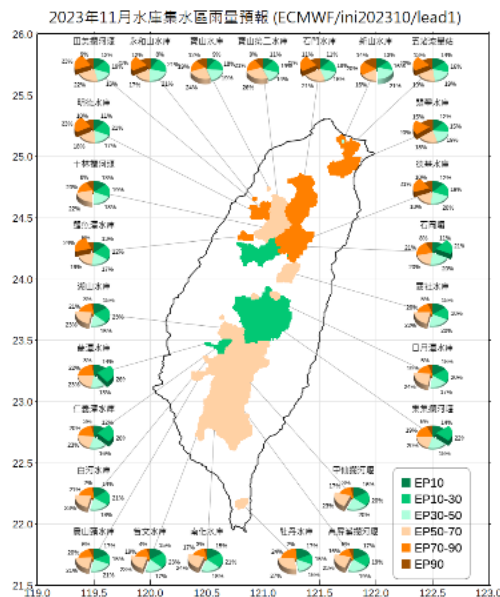
應對的策略

- 評估現行深度學習大氣模式的表現
- 建構高解析度(<3km)三維分析資料集
- 建構並評估臺灣在地化區域資料驅動模型

提升兩週至月季報能力

(一)提升模式預報能力

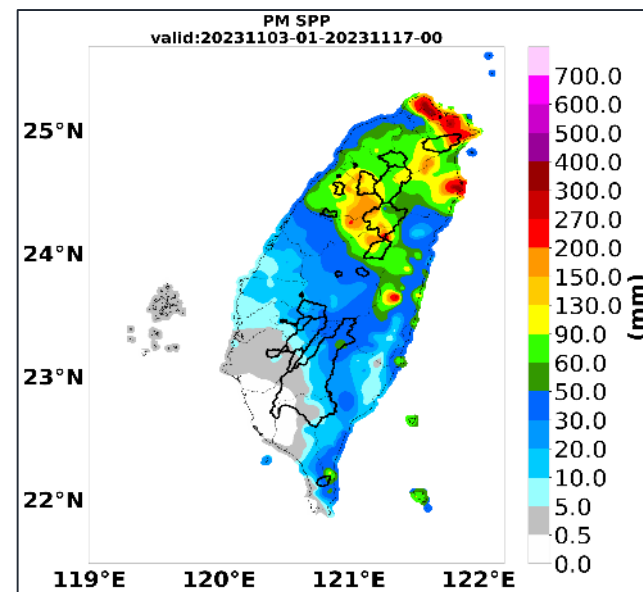
- 45天預報模式：空間解析度從45公里提高至25公里，提供更細緻的跨領域氣候資訊應用服務。
- 月季預報模式：增建解析度12公里之區域模式，提供在地化季節預報。
- 效益：
 - 提供水利署水庫集水區雨量月預報資訊，強化水資源管理。



集水區機率雨量預報

(二)開發高解析格點展期降雨預報

- 完成3-4週1公里解析度之累積雨量預報產品，延長預報長度，提升預報精緻度。
- 效益：供水資源管理之**決策參考**，及水文模式進行**水庫入流量**預報。



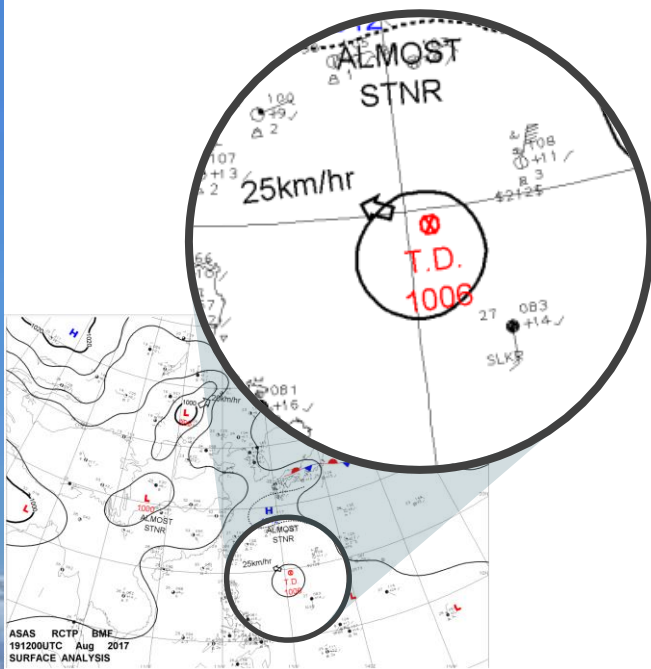
熱帶性低氣壓早期預報

TD

強化熱帶性低氣壓分析與預報技術，自108年起新增發布熱帶性低氣壓24小時路徑潛勢預報。並於110年起**比照颱風**延長至5日，提升致災性熱帶性低氣壓或颱風之早期預警資訊之發布能力

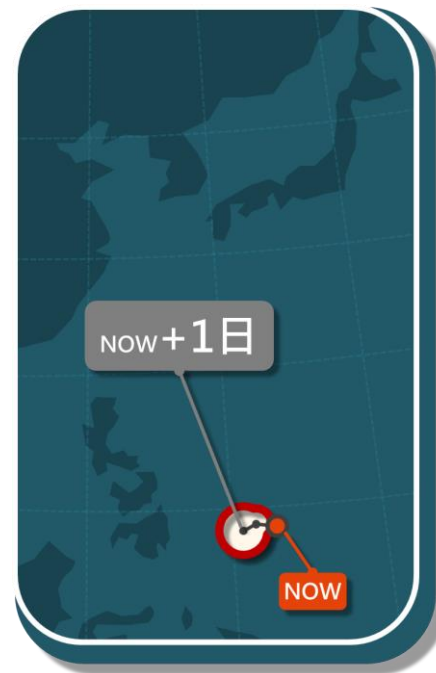
TD分析

天氣圖



108年起

TD 24小時預報



110年起

TD 5日預報

比照颱風預報





強化颱風預報與情資溝通



颱風影響期間各級政府情資溝通，使各縣市有效、快速掌握颱風影響、降低資訊解讀落差。107年起，颱風侵襲時辦理「縣市首長視訊連線會議」。並，提升熱帶性低氣壓與颱風生成預報，颱風路徑加密預報，並自110年起於海上警報影響時提早評估風雨衝擊，適時發布風雨預報，供各縣市政府應變開設及宣布停班課決策參用。

107年起

縣市首長視訊連線



110年起

TD 5日預報 (比照颱風預報)



6小時密集路徑強度預報



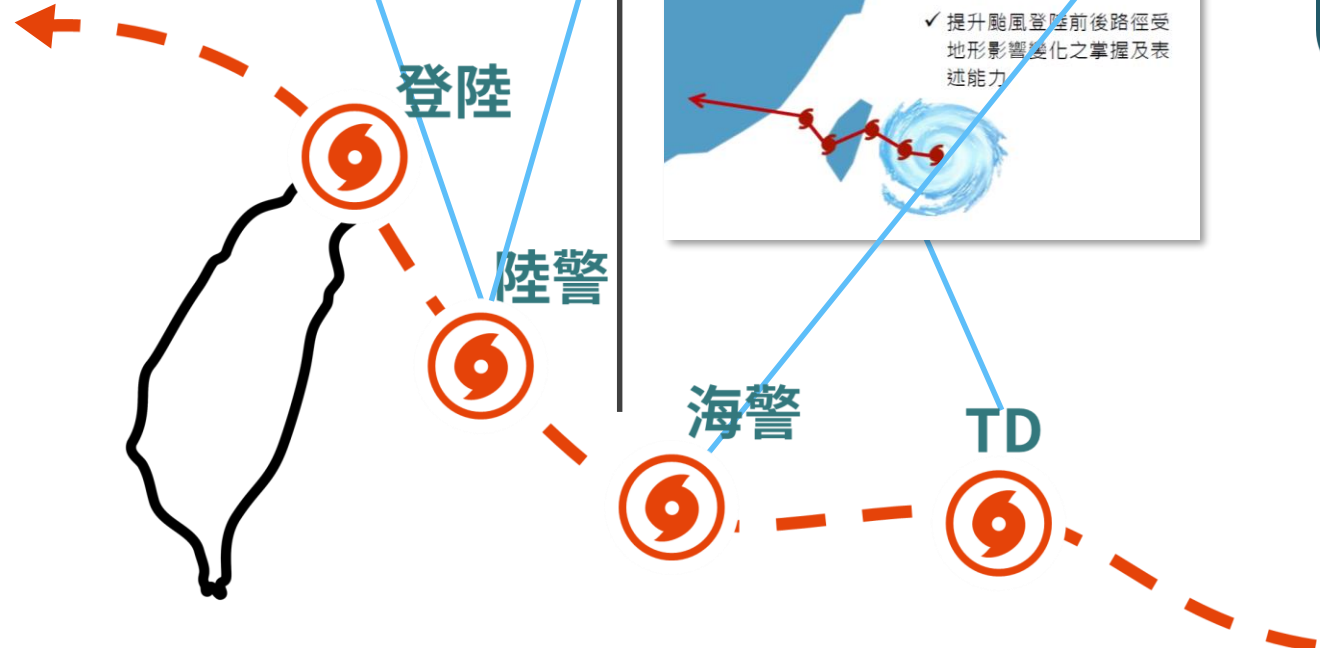
111年起

海警期間風雨預報

24小時雨量預報

總雨量預報

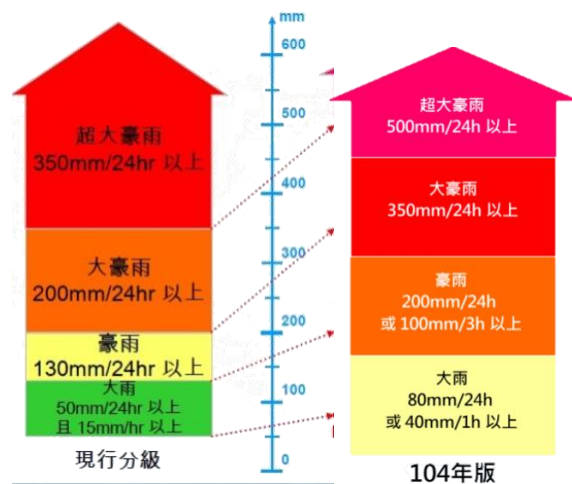
風力預報



大規模劇烈豪雨作業與短延時強降雨預警



108年汛期開始，在颱風警報、致災性熱低或大規模劇烈豪雨期間，**比照颱風警報啟動「大規模劇烈豪雨作業」**，提高降雨預報更新頻率，發布**3小時定量降水即時預報(未來6小時)**、**總雨量(未來3日)與24小時雨量預報**。並於109年起強化**短延時大豪雨分級**。



大規模豪雨作業 (颱風警報)

108年 首度啟動

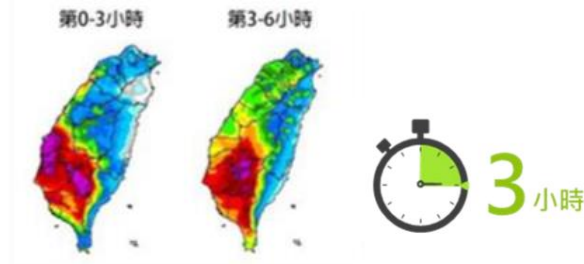
強化對颱風以外的豪雨事件之預警
提升氣象資訊更新與發布的質量

	颱風期間	颱風期間	大規模劇烈豪雨期間
縣市總雨量預報	○	○	○ 新
未來24hr縣市雨量預報	○	○	○ 新
未來24hr QPF	6hr 累積	3hr 累積 更精緻	3hr 累積 更精緻
QPF更新頻率	每6小時	每3小時 更快	每3小時 更快

註：QPF為圖形化之定量降水預報產品。



3小時定量降水即時預報



強化雷達大雷雨即時預警

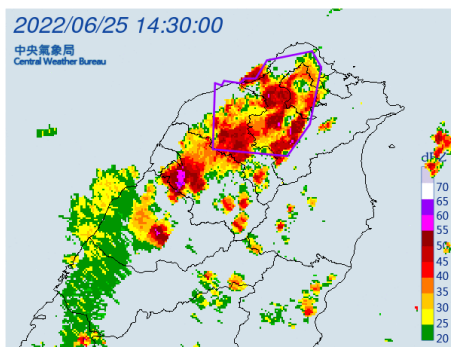


整合雨量站、雷達及落雷強化即時預警。105年起24小時監測發布「(致災性)大雷雨」即時訊息(災防告警)。另透過精進雷達技術，110年於防災降雨雷達範圍內爭取更早期預警時效。

111年起與雙北及地方業者、志工合作於3流域試行「山區暴雨預警」災防告警，透過溪流駐點或巡邏勤務，保障山區危險溪流流域遊憩安全，適時疏散民眾。

105年起

大雷雨即時訊息



PWS細胞廣播服務



電視蓋台推播



110年起

2分鐘雨量/降雨雷達

爭取早期預警時效



111年起

山區暴雨試辦

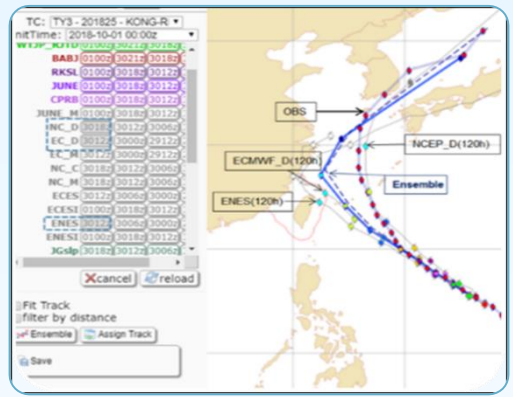
向山致敬



- > 與雙北合作，配合巡邏宣導、疏散並回報驗證(2022)
- > 統計3遊憩點共19次預警，9成伴隨溪水暴漲，7成達提前預警

颱風預報、警報、風雨預報系統

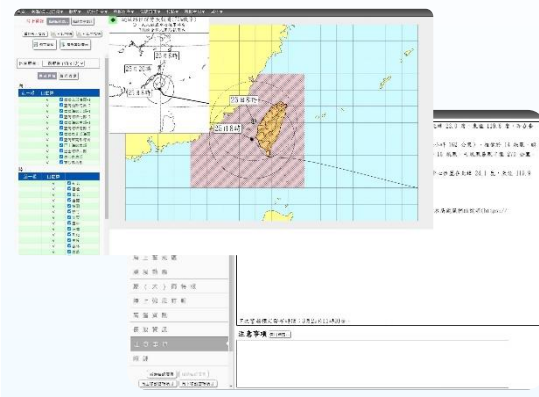
颱風分析預報



TAFIS

定位、定強、結構分析
路徑、強度、半徑預報、
單模式、多模式、多國
系集、先進系集、誤差
校驗、統計校驗、歷史資料
及產製官方預報產品：PTA,
WSP

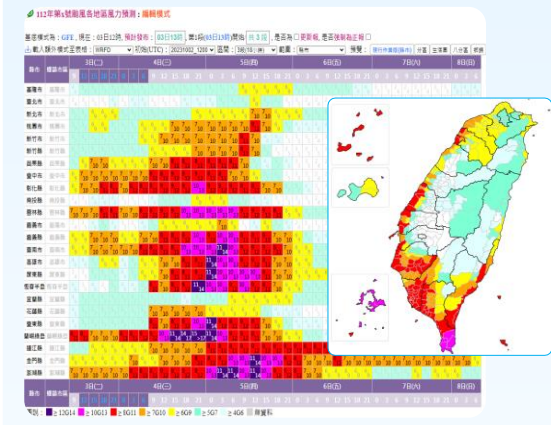
颱風警報



颱風警報編輯系統(TED)

颱風動態、海陸警戒範圍、
警特報資訊、其他注意事項
及產製告警資訊CAP檔

風力預報



iwPPS

整合鄉鎮尺度預報指引資訊
與自主開發作業編輯功能並
產製官方預報產品

雨量預報



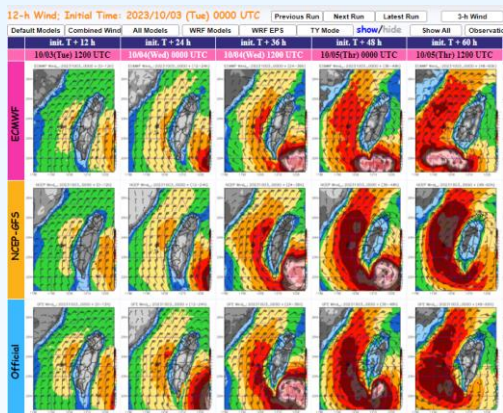
TFE2

連動GFE圖形編輯系統，以
縣市尺度(山區/平地)產製官
方預報產品

整合預報指引鄉鎮資訊與風雨預報作業編輯

提升鄉鎮尺度風力預報作業量能

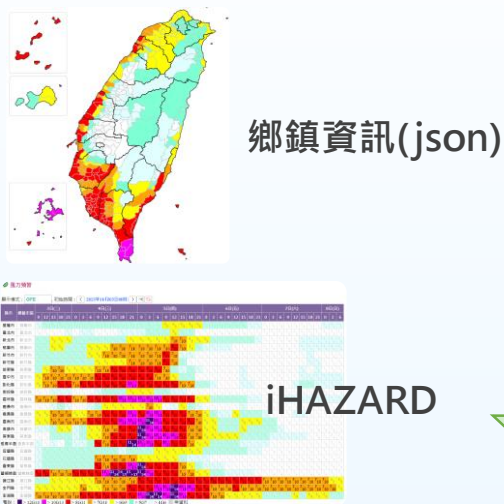
I、模式預報指引



iQPF整合平台

整合署內常用模式預報指引供預報員參考與使用如全球模式EC、NCEP與署內區域模式WRFD、TWRF...etc

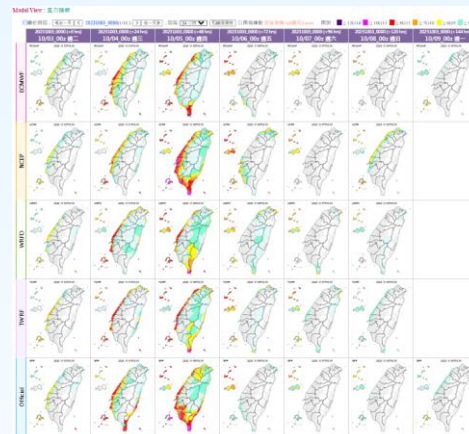
II、預報指引鄉鎮化



解析鄉鎮資訊

將模式預報指引依照鄉鎮資訊產出相對應檔案(json)並同步顯示於iHAZARD平台

III、鄉鎮地圖展示



鄉鎮尺度郵票圖

展示署內常用模式預報指引經鄉鎮資訊處理後之郵票圖供預報員參考與使用

IV、作業編輯系統



iWPPS系統

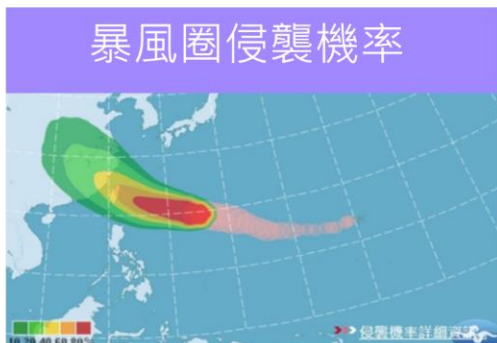
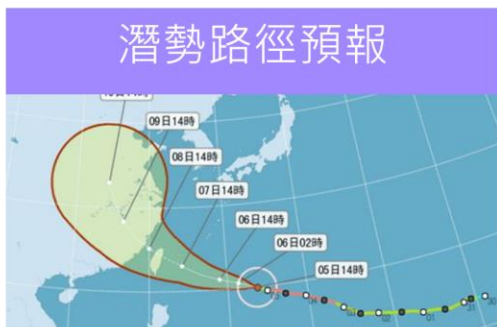
整合鄉鎮尺度預報指引資訊與自主開發作業編輯功能並產製官方預報產品

颱風預報產品提供時程

颱風預報、預警階段



颱風或TD於西北太平洋



海上颱風警報



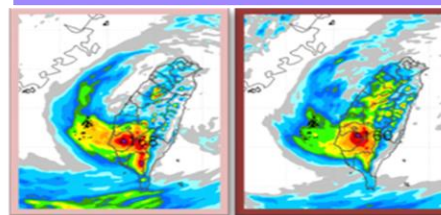
暴風圈未來24小時內影響鄰近海域

3小時更新

陸上颱風警報



3小時定量降水預報



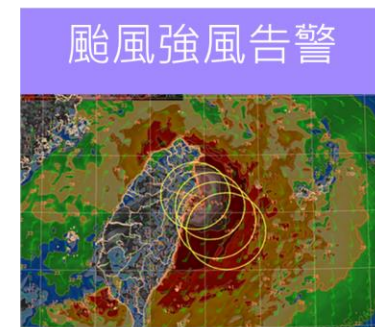
0-3hr

3-6hr

暴風圈未來18小時內影響臺澎金馬陸地或海警期間對陸地具風雨衝擊時

3小時更新

颱風登陸



簡訊傳遞

研判某地區颱風風力達平均風12級以上或陣風14級以上時發布

颱風預報新服務

提升鄉鎮尺度風力預報作業量能

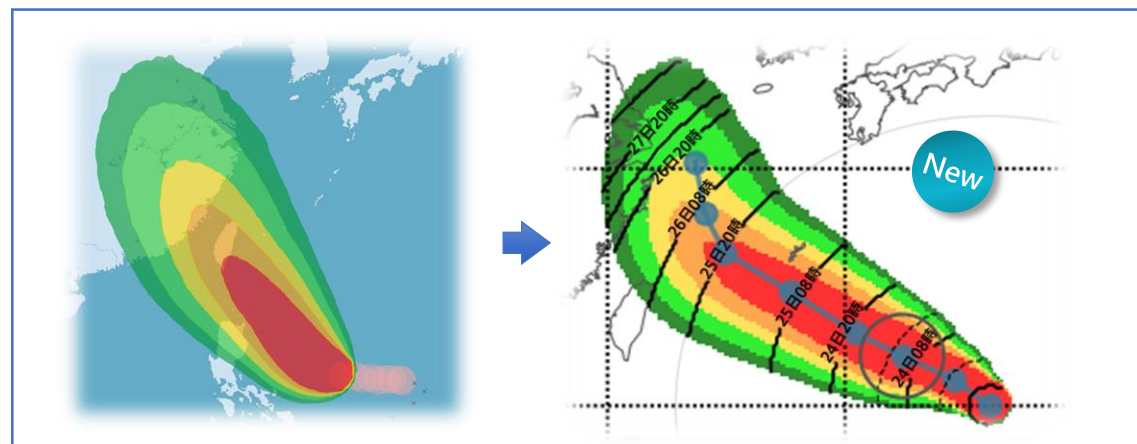
(一) 試辦颱風警報期間沿海風力預報

113年颱風季起，氣象署將在颱風警報期間，強化各縣市的沿海與非沿海地區風力預報，提供各縣市政府進行停班課決策參用。

縣市	區域	風力(級)	16日18時	17日00時	17日06時
			17日00時	17日06時	17日12時
臺中市 (範例)	臺中市	平均風	5-6	5-6	5-6
		陣風	8-9	8-9	8-9
	沿海地區	平均風	6-7	6-7	6-7
		陣風	9-10	9-10	9-10

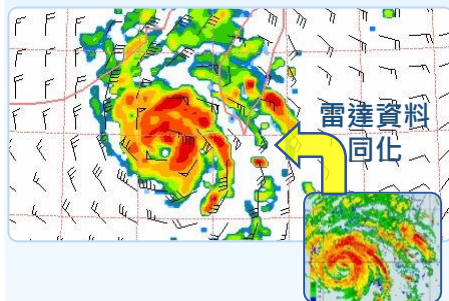
(二) 新增颱風暴風圈最早抵達時間預估

113年颱風季起，氣象署將在原颱風暴風圈侵襲機率上，新增「暴風圈最早抵達時間預估資訊」，使對颱風風險耐受度較低的使用者，供使用者提早進行暴風圈抵達前防範作為之參考。

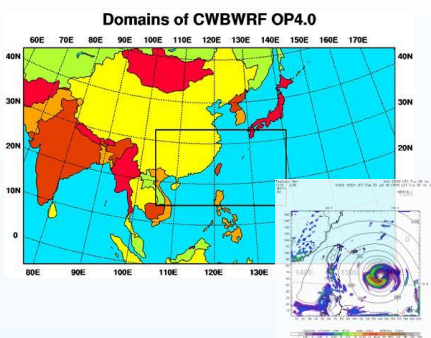


數值天氣預報系統

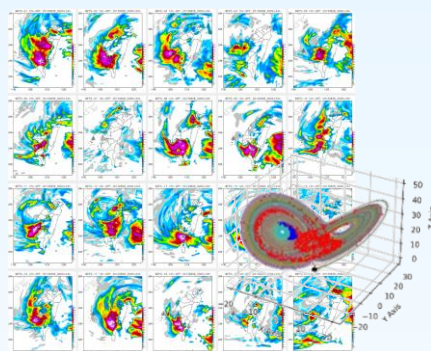
雷達資料同化



區域預報系統



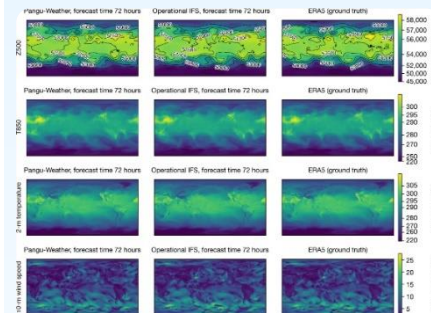
系集預報系統



全球預報系統



人工智慧預報



全球預報系統

1-2公里精度
對流尺度天氣預報
即時預報(1-12小時)

區域預報系統

1-3公里精度
中尺度天氣預報
訂正技術
短期(3-5日)

系集預報系統

2-3公里精度
中尺度天氣預報
系集後處理
短期(3-5日)

全球預報系統

10-20公里精度
綜觀尺度天氣預報
統計降尺度與訂正
短中期(5-15日)

AI大模型

25公里
資料驅動
統計降尺度與訂正

尼莎颱風(2022)與東北季風共伴

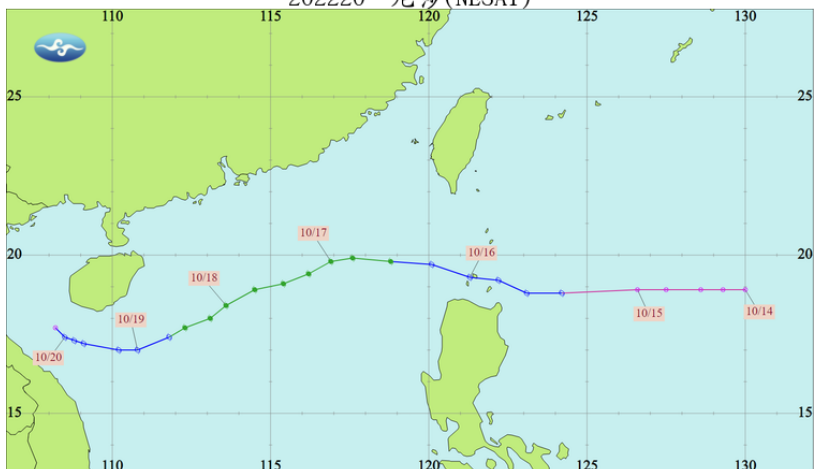
2022尼莎颱風

軒蘭諾(首度)及尼莎颱風海上颱風警報期間提早發布(全縣市)風雨預報

颱風外圍環流及其與東北季風之「共伴效應」影響，北宜豪大雨

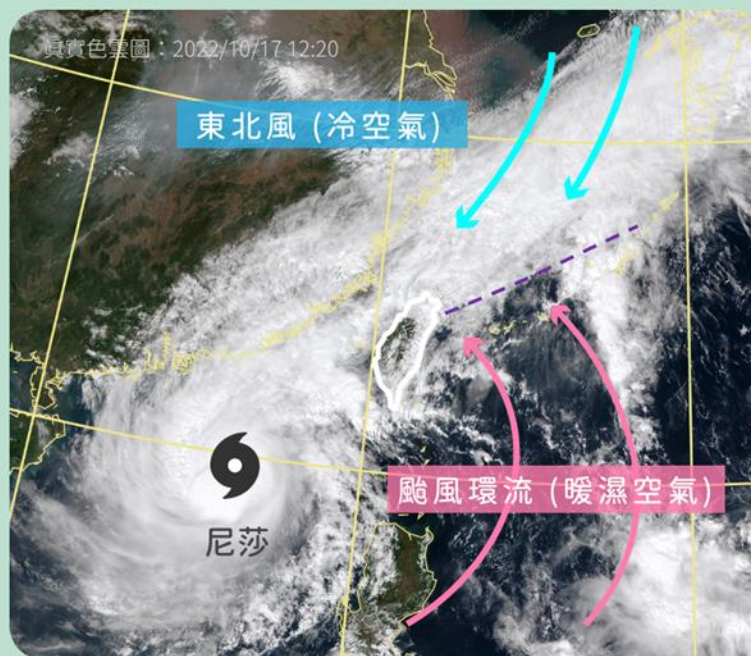


202220 *尼莎 (NESAT)

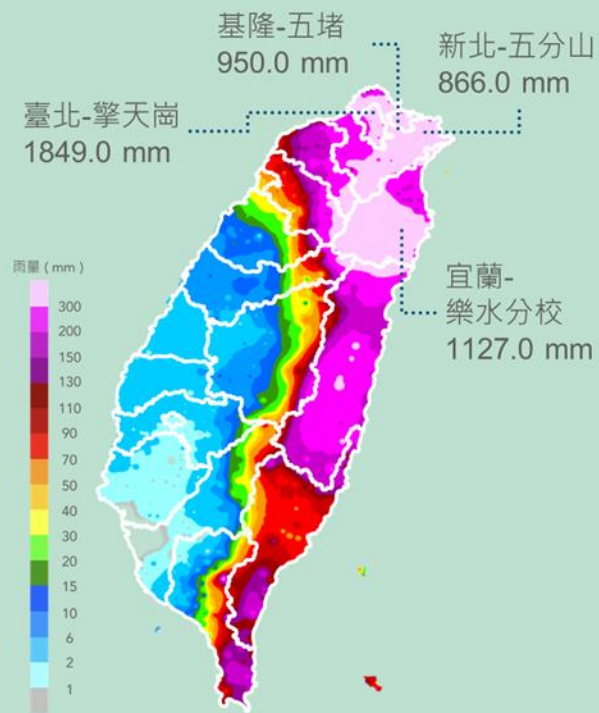


◀強烈颱風(Vmax>=51.0m/s) ◀中度颱風(Vmax32.7-50.9m/s) ◀輕度颱風(Vmax17.2-32.6m/s) ◀熱帶性低氣壓(Vmax<17.2m/s)

秋颱&東北季風「共伴效應」示意圖



10/15-17三日累積雨量



來自北方的**東北季風(冷空氣)**，遇上位在南方海面的**颱風之外圍環流(暖濕空氣)**
 = 冷熱交會、**氣流輻合**、**增強對流**
 加上迎風面地形影響
 → 引起宜蘭、北北基地區的**劇烈降雨**

10/15-17三日雨量最大4縣市

縣市	測站-鄉鎮市區	3日雨量(毫米)
臺北市	擎天崗-士林區	1849.0
宜蘭縣	樂水分校-大同鄉	1127.0
基隆市	五堵-七堵區	950.0
新北市	五分山-瑞芳區	866.0

台灣的水門事件

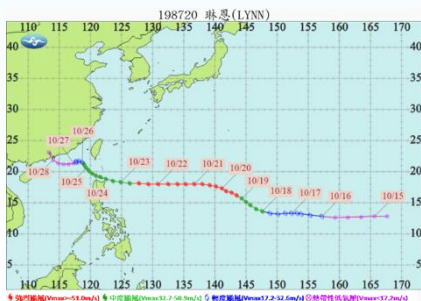
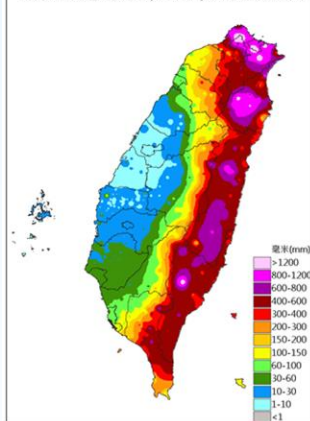
> 琳恩颱風(水門關閉不及) > 賀伯颱風(四汴頭) > 納莉颱風(玉成) > 尼莎颱風(水門關閉決策)

琳恩颱風(1987)

10月25日

水門關閉不及
松山、南港、內湖、汐止

1987年琳恩颱風10/23-10/27累積雨量圖

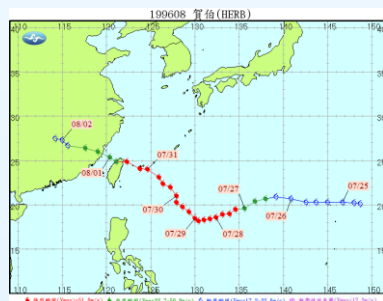
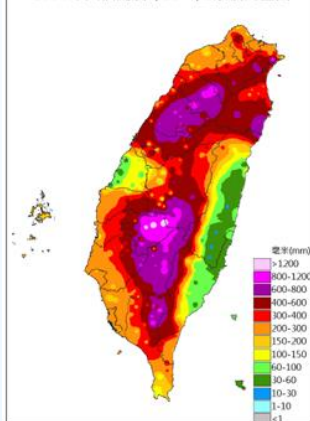


賀伯颱風(1996)

7月31日

四汴頭抽水站故障
板橋、雙和、社子

1996年賀伯颱風7/29-8/1累積雨量圖

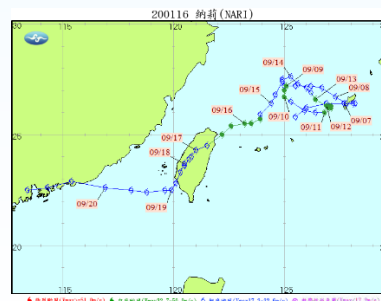
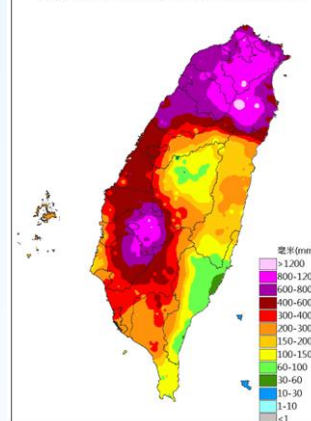


納莉颱風(2001)

9月17日

玉成抽水站故障
捷運板南、淡水、台北車站

2001年納莉颱風9/15-9/19累積雨量圖

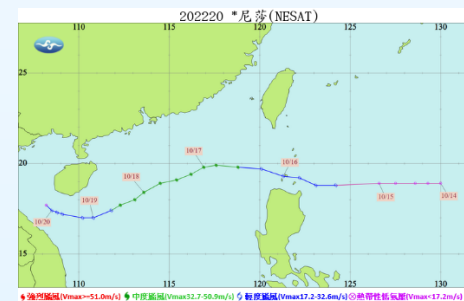
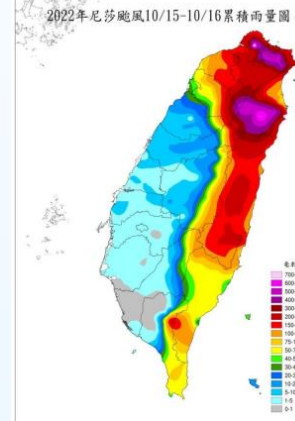


尼莎颱風(2022)

10月16日

水門關閉決策
百齡橋堤外車輛泡水

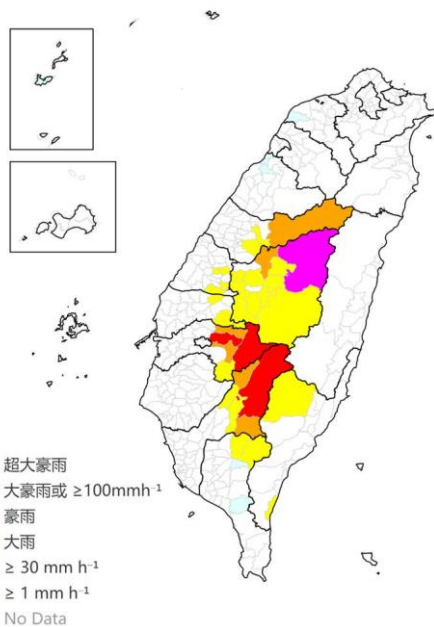
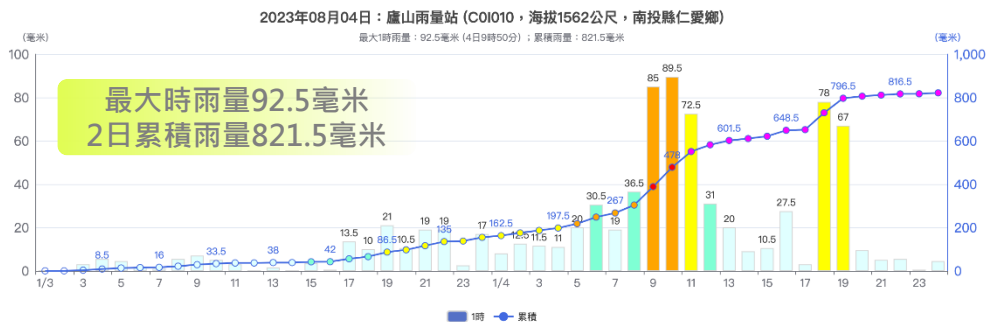
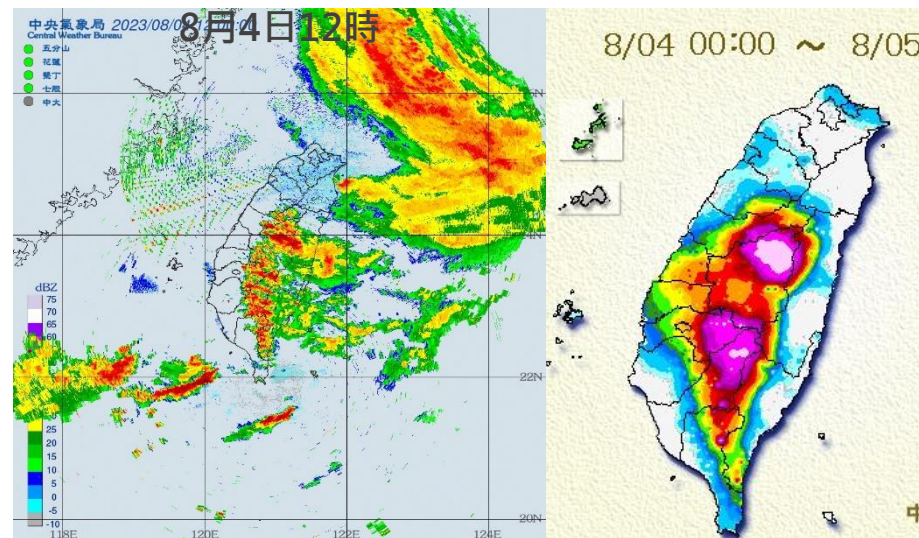
2022年尼莎颱風10/15-10/16累積雨量圖



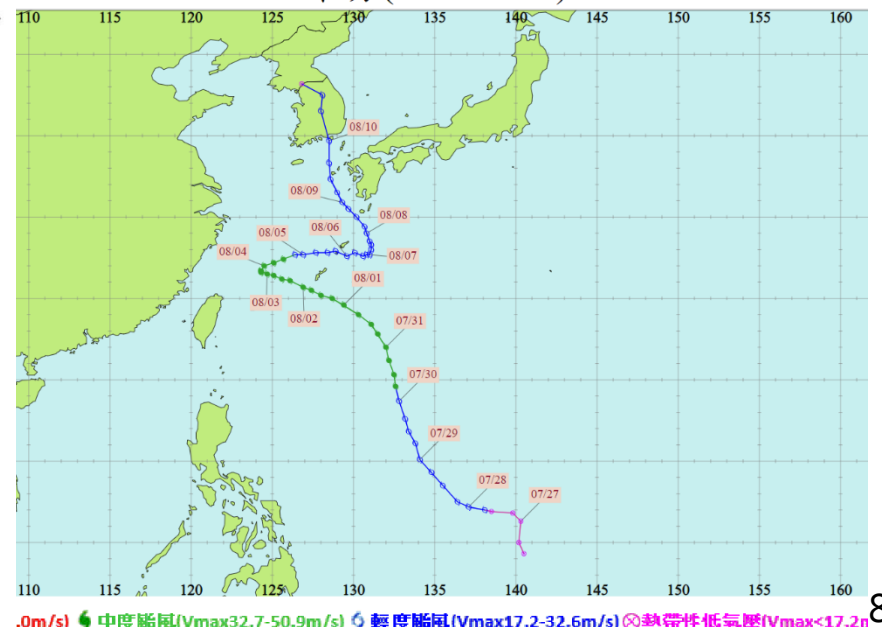
卡努(2023)颱風

颱風引進西南風(氣流)

- > 7月28日於關島西南方海面形成，8月1日20時30發布海上警報。2日17時30分發布陸上警報，暴風圈於3日17時掠過東北角
- >> 氣象署於4日颱風警報解除後隨即啟動**大規模劇烈豪雨**加強作業
- >> 3日警報解除CEOC解散(風災)，後續災情(水災、土石流)傳出
- >> 南投仁愛鄉**短延時強降雨**(時雨量達100毫米以上)擴大為**長延時強降雨**事件(日雨量500毫米以上)，**南豐村加油站**4度遭掩埋(921隔年2000年2月豪雨、2004七二水災、2008辛樂克颱風，廬山溫泉廢止爭議再起。1死，農損約2億3809萬元。
- >> **解除2022-23世紀大旱**(曾文水庫蓄水22.8%上升至70%)



202306 卡努(KHANUN)



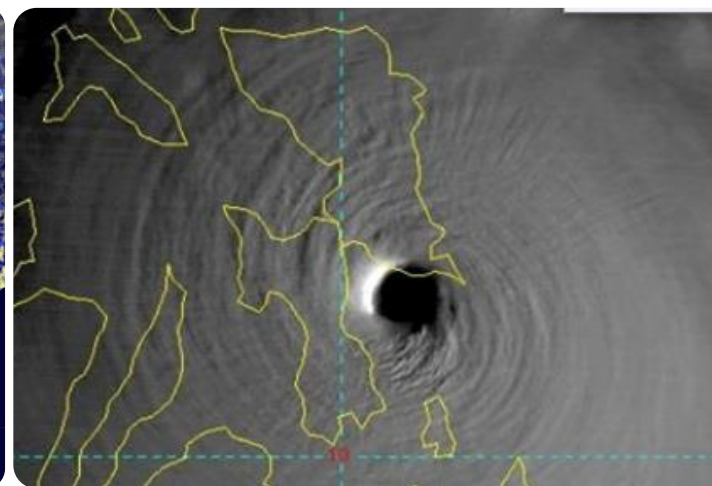
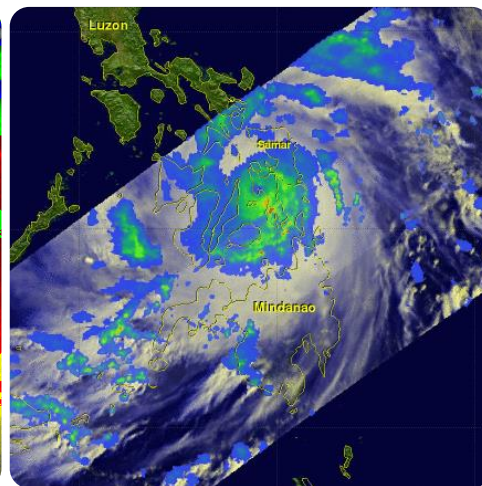
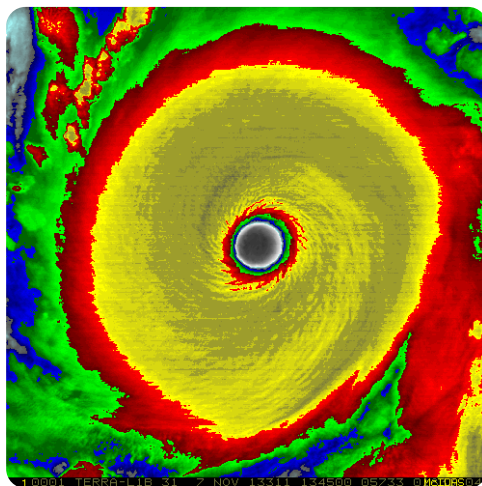
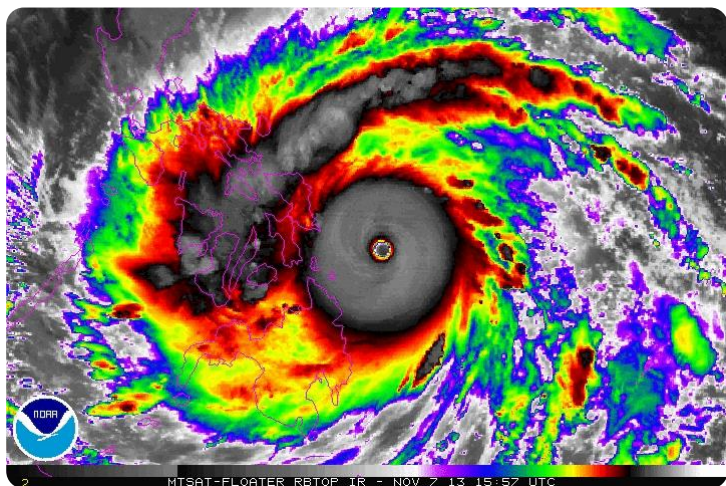
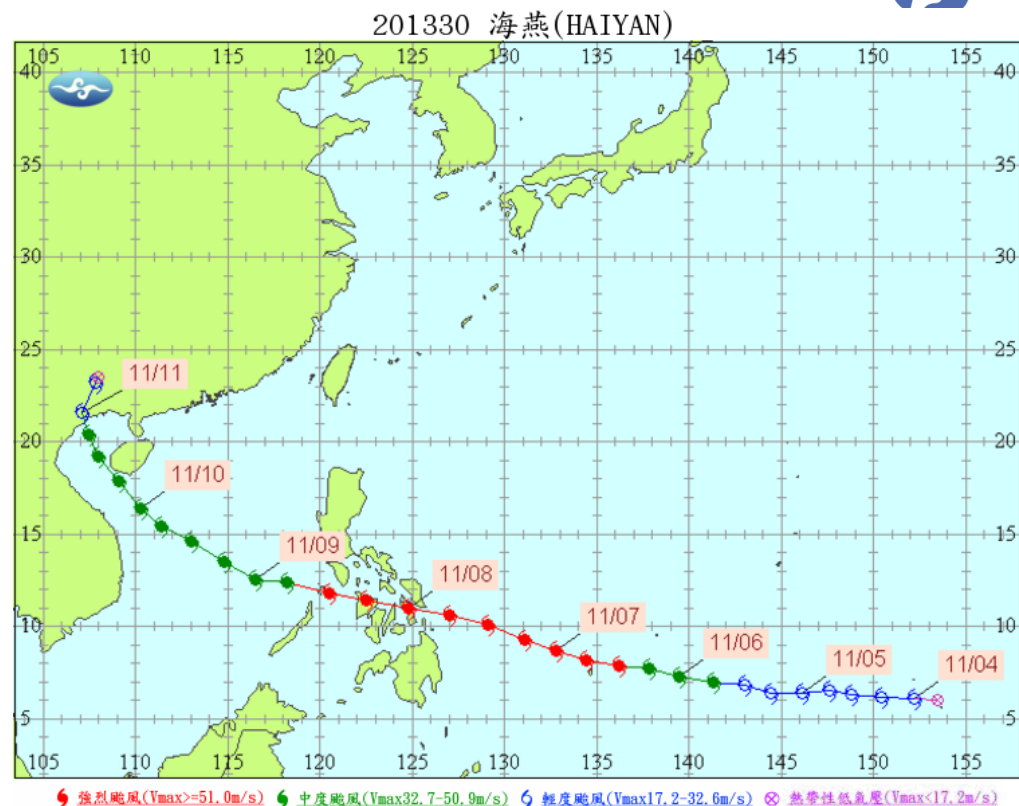
海燕(2013)颱風

海燕巨災威脅

- > 生成緯度低，季節晚(11月)、移速快(平均每小時32公里)。
- > 海洋及大氣環境有利，迅速發展為5級超級颱風
- > 強度達巔峰時登陸菲律賓，主要災害為暴潮、強風
- > 海燕造成長浪，引發東北角地質公園瘋狗浪捲走8命

氣象局後於2015年起發布長浪即時訊息

- > 史上最強登陸颱風，西北太平洋前紀錄為梅姬(2010)
- > 可能是有史以來紅外線衛星分析下最強颱風
- > 梅姬(2010)颱風是西太實測(飛機)最強颱風(T-Parc、C130)
- > 史上實測最低中心氣壓是狄普(Tip, 1970)颱風的870 hPa



結語與展望

- 氣象署未來仍將逐步**定量降水預報**，以及大規模劇烈豪雨期間**3小時定量降水即時預報時效**
- 預報中心已啟動鄉鎮預報2.0服務，逐步發展**鄉鎮尺度**災害性天氣預警
- 刻正規劃建置**金馬雷達**，拓展雷達監測範圍、提升雲霧早期監測能力，爭取極端劇烈天氣更早期預警時效
- 強化(災防告警)大雷雨預警推播，尤其強降雨以外之**雷暴、冰雹、強陣風、龍捲風、颱風**等極端劇烈天氣之即時預警
- 強化**守視階段(3或5日)**之劇烈天氣預警(豪大雨、強風、高溫、低溫等)
- 規劃延長天氣預報至**10天或第2週**
- 深化各級政府氣象情資溝通，強化**衝擊預報概念**之推廣與服務

END

謝謝聆聽，敬請指教

