

從瑪莉亞颱風 (2018) 研究雲凝結核影響臺灣之降水數 值模擬研究

葉世堯、沈鴻禧

空軍氣象中心、國防大學理工學院

摘要

瑪莉亞(Maria)颱風，是 2018 年生成的第八號颱風，在環境場配合之下，於 7 月 6 日增強為強烈颱風，接著在颱風眼牆置換期間造成強度減弱，然而在歷經快速增強現象後，於 7 月 8 日重新增強至強烈颱風。隨著路徑逐漸往北移動且經過較冷的海溫影響下，致使瑪莉亞颱風強度逐漸減弱；本個案使用 WRF(Weather Research and Forecasting)模式 V4.2.1 版本進行數值模擬，模擬起始時間為 7 月 9 日 1200 UTC，結束時間為 7 月 12 日 0000 UTC。模擬結果顯示，三種邊界層參數(YSU scheme、MYJ scheme、MRF scheme)模擬個案，所得到 48 小時累積雨量的空間分布，北部地區十分接近觀測值，惟迎風面山區模擬累積雨量皆達 250 mm 以上，與觀測值相差較多。為此增加雲凝結核濃度(Cloud Condensation Nucleus Concentration)，以 WDM6 CCN 濃度初始設定(CCN_CTR)、CCN 濃度歸 0(CCN_1)及 CCN 濃度 1000 倍(CCN_11)，上述運用參數改變空氣中所含未活化凝結核數，用以提高降水準確率，俾利未來預報人員使用。經模擬結果比較以 YSU_11 組合模擬結果為最佳。

關鍵字：瑪莉亞颱風、雲凝結核濃度、累積雨量

1. 前言

對臺灣而言，颱風為夏季除午後雷陣雨外，劇烈天氣系統之一，也是主要的水資源來源；由於近年來溫室效應造成海水表面溫度上升，颱風自生成開始即挾帶大量水氣，致暴風圈接觸陸地即帶來極端降水並造成災害。本研究以 2018 年第二類西北路徑之瑪莉亞颱風為例進行研究。個案颱風自關島東南海面生成，一路受到太平洋副高壓導引氣流影響，颱風中心通過臺灣北部海域後，直撲中國大陸福建省；雖然颱風未直接登陸臺灣，但受暴風圈影響致使北臺灣降下豪雨，造成嚴重的天然災害，如在臺北市北投區油坑 24 小時累積雨量達到豪雨等級 407 毫米、全臺逾 6 萬戶停電。

當颱風在臺灣東北方海面上時，颱風外

圍環流對於臺灣北部來說，風向是北風，而環流會受到地形舉升作用的影響產生強降水，故在臺灣北部山區常產生大量降水(許，2018)。直到中心通過臺灣北部海面後，臺灣北部及西部地區，多轉為西北風，其風向恰好與海岸線垂直、與河流流向相反；同時，因颱風中心並未登陸臺灣，颱風結構沒有受到地形的破壞，故豪雨與強風持續不斷，也造成颱風暴潮，導致先前在臺灣北部山區降下的大雨不易宣洩，進而造成下游及低窪地區嚴重淹水；且因風向平行淡水河道的緣故，使得強風暴雨會沿著河道吹進臺北盆地且無遮蔽阻擋，故西北颱對大臺北地區而言是肇致重大災害成因之一。

研究個案之瑪莉亞颱風，在臺灣北部地區及劇烈降水歸納為兩階段：第一階段為颱

風主要影響時段，颱風接近期間（7月10日 1000 UTC）之前，於東北方接近臺灣，降水初期，主要涵蓋北部地區及桃竹苗一帶，受颱風及地形影響造成相當可觀的降水；而颱風移動相當快速，隔日早上遠離臺灣地區。第二階段為颱風經過後，此期間（7月10日 1000UTC到11日 0000 UTC），臺灣東北部海域及北部地區有較強對流發展，受颱風影響風向改變，轉變成不穩定天氣型態，使得臺灣北部地區豪雨成災。

2. 模式設定

本次模擬時間從2018年7月9日 1200 UTC到2018年7月12日 0000 UTC，共60小時，積分時間間隔為24秒。模擬範圍的中心位置在23.0°N、121°E，垂直方向分32層，水平分成單層巢狀網格，水平網格間距4km。網格涵蓋大陸東南沿岸及臺灣本島。垂直方向為追隨地勢的 σ 座標，共32層。地形資料來源為U.S Geological Survey (USGS) 的 GTOPO30 (Global 30 Arc-Second Elevation)資料集，地形解析度為30秒。在各項環境物理參數化法選項方面，微物理參數化法為WDM6 Scheme、其餘相關設定請參閱表1。

本次個案研究主要區分兩個部分，第一部分主要運用不同邊界層參數設定，模擬累積雨量並與中央氣象署觀測資料比對，期望找出適用模擬參數化。這部份採用邊界層參數化為：YSU Scheme、MYJ Scheme 及MRF Scheme。

第二部分運用改變不同CCN濃度設定，設定WRF模式CCN濃度預設值（在WDM6 scheme中CCN預設值為 100cm^{-3} ）為對照組(CCN_CTR)，濃度1000倍(CCN_11)及濃度 10^8 倍(CCN_1)，並與第一部分三種邊界層參數化配合使用。在WRF模式之微物理參數化中，關於CCN參數化選項計有WDM5 scheme、WDM6 scheme 及 NSSL 2-moment 4-ice scheme，因本研究以Lim and Hong. (2010)研

究成果為依據，使用WDM6 scheme為本研究之微物理參數化，並依此區分兩種比較結果，第一種：不同邊界層參數化開啟ccn_conc設定前後，設定參閱表2。比較不同邊界層參數模擬累積雨量各自差異，以判斷CCN濃度在WRF模式模擬過程中是否有影響，同時對照觀測資料，審視開啟CCN濃度前後是否提高累積雨量精準度。

第二種：改變不同CCN濃度並與對照組比較何者接近觀測資料，其設定參閱表3。

3. 研究成果與討論

3.1 降水校驗比較

因時節屬於午後熱對流好發季節，且主要降水區均位於北部及東北部山區，為求後續研究符合主題瑪莉亞颱風降水量，針對全臺氣象署 634 個測站（包括署屬觀測站、人工觀測站及自動觀測站）於7月10日及7月11日全日降水量資料分析，將其資料不完全及資料異常測站刪除後，將以547個測站（7月11日為546測站）降水資料作為本次研究對照資料。其中測站累積雨量統計，7月10日僅高雄山區部分測站於清晨有累積雨量（低於5mm），其餘累積雨量均在瑪莉亞颱風暴風圈接近臺灣東北部外海後開始累積。

3.2 不同邊界層降水校驗比較

以WRF邊界層參數化模擬瑪莉亞颱風兩日共計48小時，累積雨量圖從7月10日YSU（圖1(a)）、MYJ（圖1(b)）、MRF（圖1(c)），MYJ參數模擬降水範圍，與實際降水範圍最為接近，再者，三種模式皆模擬出臺北市山區（竹子湖）、新竹縣山區及苗栗縣山區雨量大於150mm以上之強烈降水，與統計地形降水相當接近。從ETS（表4）及BS（表5）降水校驗比較，分別數值為YSU (ETS: 0.264, BS: 0.514), MYJ (ETS: 0.62, BS: 0.787), MRF (ETS: 0.462, BS: 0.86)，其中ETS大於0代表模式降水預報有技術得分，ETS等於1代表完美預報，ETS小於0代表沒有技術得分，BS數

值大於1代表高估降水次數，小於1低估降水次數，但越接近1對於模式降水發生頻率掌握能力較優，然而MYJ模擬數值均優於YSU及MRF，表示MYJ降水預報機率優於其餘兩者。在RMSE數值是運用各站誤差平均值之方根來表示模式估計累積雨量可靠性，數值越接近0代表估計可靠性越高，三種模式RMSE數值(表6)分別為：YSU(21.322)，MYJ(5.97)，MRF(19.692)，MYJ與實際觀測數值誤差最小，同時可以解釋模擬累積雨量圖最接近實際累積雨量圖。PMC數值大於0為正相關，反之為負相關，並以PMC絕對值越接近1代表其相關性越高。三種模式PMC數值(表7)：YSU(0.777)，MYJ(0.843)，MRF(0.819)，均為正相關，並且三種模式在蘇(2014)定義下，均達高度相關以上，其中MYJ更是達到非常高度相關。綜合上述四種降水校驗方式，最接近7月10日實際累積雨量模式為MYJ，其次為MRF，最後為YSU。

隨著時間模擬增加，7月11日YSU(圖1(d))、MYJ(圖1(e))、MRF(圖1(f))，反而是MRF參數化模擬降水範圍，與實際降水範圍最為接近。因三種模式皆模擬在主要降水區範圍(北部及中部山區)，與統計累積雨量相當接近。從ETS(表4)及BS(表5)降水校驗比較，數值分別為YSU(ETS: 0.415, BS: 0.644)，MYJ(ETS: 0.51, BS: 0.714)，MRF(ETS: 0.86, BS: 0.679)，MYJ模擬數值均優於YSU及MRF。三種模式RMSE數值(表6)分別為：YSU(30.778)，MYJ(28.012)，MRF(31.797)，MYJ與實際觀測數值誤差最小。三種模式PMC數值(表7)：YSU(0.750)，MYJ(0.799)，MRF(0.708)，均為正相關，其中MYJ模擬相關性最高。綜合上述四種降水校驗方式，最接近7月11日實際累積雨量模式為MYJ，其次為MRF，最後為YSU。

在相同環境及時間模擬下，以單日模擬結果是以MYJ的模擬表現為最優；但以連續

性時間看模擬結果，YSU的模擬結果為優。在四種不同降水校驗的結果，YSU的模擬結果均是11日較10日佳；雖然11日的RMSE誤差值達30.778 mm，但與10日誤差值21.322 mm比較，僅增加約9 mm誤差值，相較於MYJ及MRF兩者的RMSE兩日間所增加誤差值(MYJ:22 mm, MRF: 12 mm)算是較好的結果。

3.3 CCN 參數化比較

為進一步研究模擬降水與實際觀測間的誤差，故增加雲凝結核濃度(CCN concentration)參數化模擬降水，7月10日(圖2)、7月11日(圖3)分別是三種邊界層參數化開啟ccn_conc變數與未開啟模擬降水比較圖。三種邊界層參數化開啟ccn_conc之模擬降水均比未開啟模擬降水強度弱。因在WRF之初始設定之CCN濃度為 100 cm^{-3} ，在Lim et al. (2010)提到 100 cm^{-3} 總表面降水約3.8毫米，隨著濃度增加總表面降水也隨之增加，至 3000 cm^{-3} 達最大值4.5毫米後快速衰減，造成開啟ccn_conc模擬降水強度低於未開啟情況。

圖4、圖5、圖6分別為CCN_CTRL、CCN_1及CCN_11三種不同濃度模擬降水與實際觀測比較。經由表4至表7累計降水校驗表格得知7月10日濃度設定為CCN_11，在三種邊界層參數模擬累積雨量的表現相較於其它濃度，降水區域或降水強度均最接近實際觀測。同理，在7月11日CCN_CTRL在三種邊界層參數模擬累積雨量的表現相較於其它濃度，無論降水區域或降水強度均最接近實際觀測。

3.4 四種不同 CCN 濃度參數比較結果

在ETS部分，本研究以全日是否有累積雨量作為門檻值，YSU、MYJ及MRF在各種CCN濃度下均有技術得分。

在BS部分，YSU在兩日CCN_CTRL、7月11日CCN_1及CCN_11濃度校驗最佳。MYJ在7月10日CCN_1、CCN_11及7月11日CCN_OFF校驗最佳。MRF在7月10日

CCN_OFF校驗結果均為最佳。

在RMSE部分，YSU在7月11日僅CCN_1校驗結果最佳。MYJ除7月11日CCN_1校驗結果外，其餘校驗差結果均為最佳。MRF無校驗結果最佳。

在PMC部分，YSU相關程度校驗結果同YSU在BS結果。MYJ在兩日CCN_OFF、7月10日CCN_1及CCN_11相關程度為最佳。MRF無相關程度最佳。

三種邊界層參數化在不同CCN濃度模擬結果統計，以單日模擬結果來說YSU跟MYJ均有各自優於其餘兩者的模擬結果；但就長時間模擬來看，YSU整體模擬表現結果，無論在何種CCN濃度下，11日模擬結果都會比10日模擬結果優。然而MYJ雖有模擬結果優於YSU，但在模擬趨勢來看，MYJ在增加CCN濃度參數模擬後，掌握降水結果只有在CCN_1的情況才有越來越好的趨勢。故YSU在新增CCN濃度參數化後，有助於提高模擬結果。其中以YSU_11的組合為最佳，經探討原因並結合CCN濃度介於某特定模擬範圍內降水有增加，並在Yum and Hudson.(2002)及ASTEX(Atlantic Stratocumulus Transition Experiment)實驗等，大致訂定海洋型濃度(100 cm^{-3})及大陸型濃度(1000 cm^{-3})，故以臺灣對於瑪莉亞颱風移動距離來說算是極小值，應是使用海洋型濃度來做預報為最佳；但依照模擬結果來說，只要有陸地的地方就應使用大陸型濃度為基準來做預報，才能達到最佳預報結果。

4. 結論

本研究為2018年7月10日至7月11日以近似西北颱風路徑之瑪莉亞颱風，影響臺灣的個案。受到高壓導引氣流影響，颱風中心穿越彭佳嶼東北面海域，造成北部地區降下豪雨，其中北臺灣竹子湖地區的24小時累積雨量超過300 mm、陽明山鞍部24小時累積雨量超過200 mm，相當大的雨量集中在短時間內的暴

雨，造成全臺逾6萬戶停電及土石流黃色警戒，而颱風對北臺灣造成淹水災情，使桃園機場一度關閉，且在後期鋒面影響亦降下暴雨。因此藉由不同邊界層參數及改變CCN濃度模擬颱風降水分布，若能掌握強降水區域(或雨量)，並進行相對應的災害評估，可達事先預警及提早防範

本研究採用WRF V4.2.1模式模擬瑪莉亞颱風，模擬起始時間為2018年7月09日1200 UTC，結束時間為2018年7月12日0000 UTC，共60小時。將模式模擬結果與實際觀測值分析後，得到結論如下：

1. 透過WRF模式，採用高解析模式之下，以4KM網域搭配三種邊界層(YSU、MYJ、MRF)與四種CCN參數變化(OFF, CCN_CTR, CCN_1, CCN_11)進行2018年7月10日至11日瑪莉亞颱風個案模擬，發現對於強降水分布均有掌握，惟對於北部山區的雨量值，與觀測比較後，皆有出現明顯高估情況。
2. 從7月10日模擬結果，MYJ模擬降水範圍，與實際降水範圍最為接近，再者，三種模式皆模擬出臺北市山區、新竹縣山區及苗栗縣山區雨量大於150 mm以上之強烈降水，與統計地形降水相當接近。
3. 7月11日模擬結果，三種模式皆模擬北部及北部山區雨量大於150 mm以上之強烈降水，與統計地形降水相當接近。
4. 增加雲凝結核濃度(CCN concentration)變數模擬降水，結果三種邊界層參數開啟ccn_conc之模擬降水均比在未開啟時模擬累積雨量的表現佳，降水區域或降水強度均接近實際觀測。
5. 經過不同CCN濃度模擬之降水校驗，屬YSU_11在模擬降水各項校驗中數值較佳。
6. 增加CCN濃度確實會提升模擬降水精準度，無論在強度或範圍。
7. 藉由不同CCN濃度模擬，應證Lim and Hong (2010)中CCN濃度介於某特定模擬範圍內降

水會增加，但超過後則會明顯下降。

就綜觀尺度來說，臺灣土地面積對於瑪莉亞颱風生命週期所移動路徑屬極小值，容易在模擬環境設定將其影響省略，但經本研究模擬結果只要有土地的區域，CCN濃度初始設定就要使用大陸型濃度(1000 cm^{-3})，以達最佳模擬結果。

5. 參考文獻

- Wang, C.-C., Chen, G.T.-J., Chen, T.-C. and Tsuboki, K., 2007, A Numerical Study on the Effects of Taiwan Topography on a Convective Line during the Mei-Yu Season. AMS., 133, 3217–3242.
- 許家誠，2018，颱風環境下臺灣地形特徵與降水強度之關係研究，碩士論文，臺灣大學大氣科學研究所學位論文，77。
- 彭欽旋，2018，外核海表熱通量對於颱風快速增強的影響，碩士論文，臺灣大學大氣科學研究所，90。
- Riehl, H., 1950, A Model for Hurricane Formation, J. Appl. Phys., 21, 917-925.
- Kledinschmidt, E., Jr., 1951, Grundlagen einer theorie der tropischen zyklonen. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimatol., 4A, 53-72.
- Ooyama, K. 1969, Numerical simulation of tropical cyclones. J. Atmos. Sci., 26, 3-40.
- Emanuel, K.A., 1986, An Air-Sea Interaction Theory for Tropical Cyclones. Part I: Steady-State Maintenance. J. Atmos. Sci., 43, 585-605.
- Rotunno, R., and Emanuel, K. A., 1987, An air-sea interaction theory for tropical cyclones. Part II. J. Atmos. Sci., 44, 542-561.
- Emanuel, K.A., 1989, The Finite-Amplitude Nature of Tropical Cyclogenesis. J. Atmos. Sci., 46, 3431-3456.
- 鄭傑仁，2021，WISHE機制在颱風快速增強的角色，博士論文，臺灣大學大氣科學研究所，152。
- I.-I. Lin, Robert, F. R. and Hsiao-Ching Huang, 2021, A Tale of Two Rapidly Intensifying Supertyphoons. Bulletin of the American Meteorological Society, 1645-1664.
- Kuo-Feng Chang, Chun-Chieh Wu, and Kosuke Ito, 2023, On the Rapid Weakening of Typhoon Trami (2018): Strong Sea Surface Temperature Cooling Associated with Slow Translation Speed. Mon. Weather Rev., 135, 227-251.
- Hudson, J. G., 1992, Cloud Condensation Nuclei. Journal of Applied Meteorology, 32, 596-607.
- Tong Lin, Zhiliang Shu, Hao Wu, Tao Tao, Ning Cao, Haoran Zhu, Chenxi Liu, Jianhua Mu and Lei Tian, 2022, Variation Characteristics and Source Analysis of Cloud Condensation Nuclei at the Ridge of Liupan Mountain Located in Western China. Atmosphere, 13(9), 1483, 16.
- M.K. Jasmine a, Marina Aloysius , Reethu Jayaprakash , C.P. Fathima , S.S. Prijith b, Mannil Mohan., 2022, Investigation on the role of aerosols on precipitation enhancement over Kerala during August 2018. Atmospheric Environment, 13, 1191, 01.
- Mengjiao Jiang, Yaoting Li, Weiji Hu, Yinshan Yang, Guy Brasseur, and Xi Zhao, 2023, Model-based insights into aerosol perturbation on pristine continental convective precipitation. Atmos. Chem. Phys., 23, 4545–4557.
- K. Gayatri, S. Patade, J. Fan, T. Prabhakaran, 2022, Pathways of precipitation formation in different thermodynamic and aerosol environments over the Indian Peninsula.

- Atmospheric Research, 266, 105934.
- 曹仕傑，2022，臺灣西部地區中尺度對流系統個案之結構與演化模擬研究”，碩士論文，國防大學理工學院大氣科學碩士班，108。
- Hong, S.-Y., Ying, N., and Jimmy, D., 2006, A New Vertical Diffusion Package with an Explicit Treatment of Entrainment Processes. Mon. Weather Rev., 134, 2318-2341.
- Janjic, Z. I. 1994, The Step-Mountain Eta Coordinate Model: Further Developments of the Convection, Viscous Sublayer and Turbulence Closure Schemes. Mon. Weather Rev., 122, 927-945.
- Hong, S.-Y., and Pan, H.-L., 1996, Nonlocal Boundary Layer Vertical Diffusion in a Medium-Range Forecast Model. Mon. Weather Rev., 124, 2322-2339.
- Lim, K.-S. S., and Hong, S. Y., 2010, Development of an Effective Double-Moment Cloud Microphysics Scheme with Prognostic Cloud Condensation Nuclei (CCN) for Weather and Climate Models. Mon. Weather Rev., 138, 1587-1612.
- Louis, J. F., 1979, A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere. Bound Layer Meteor., 17, 187-202.
- Cohard, J. M., and Pinty, J. P., 2000, A Comprehensive Two-Moment Warm Microphysical Bulk Scheme. I: Description and Tests. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 126, 1815-1842.
- Cohard, J. M., and Pinty, J. P., 2000, A Comprehensive Two-Moment Warm Microphysical Bulk Scheme. II: 2D Experiments with A Non-hydrostatic Model. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 126, 1815-1842.
- Twomey, S., 1959, The Nuclei of Natural Cloud Formation Part II: The Supersaturation in Natural Clouds and the Variation of Cloud Droplet Concentrations. Geofisica Pura e Applicata, 43, 243-249.
- Khairoutdinov, M., and Kogan, Y., 2000, A New Cloud Physics Parameterization in Large-Eddy Simulation Model of Marine Stratocumulus. Mon. Weather Rev., 128, 229-243.
- Martin, G. M., Johnson, D. W., and Spice, A., 1994, The Measurement and Parameterization of Effective Radius of Droplets in Warm Stratocumulus Clouds. Journal of the Atmospheric Sciences, 51, 1823-1842.
- 簡芳菁，柳懿泰，周仲島，林沛練，洪景山，蕭玲鳳，2005，2003年梅雨季MM5系集降水預報，大氣科學，33，255-275。
- Schaefer, J. T., 1990, The critical success index as an indicator of warning skill. Wea. Forecasting, 2, 570-575.
- Fieller, E. C., Hartley, H. O., and Pearson, E., S., 1957, Tests for rank correlation coefficients, I. Biometrika, 44, 470-481.
- 蘇奕叡，2014，颱風路徑、降雨及水位之系集模擬研究：以凡那比(2010)颱風個案為例，碩士論文，中央大學大氣物理研究所，59。
- 林則銘，1975，危害飛行器項因素客觀預報之研究-雷雨部分，空軍氣象聯隊研究報第001號。
- 鄧仁星，陳景森，1990，臺灣地區線之環境分析，大氣科學，18，149-158。
- Maddox, R. A., 1980, Mesoscale convective complexes. Bull. Amer. Meteor. Soc., 61, 1374-1387.

Yum, S. S., and Hudson, J. G., 2002,
Maritime/Continental Microphysical
Contrasts in Stratus. Tellus, 54B, 61-73.

6. 圖表附錄

表 1 WRF 模式設定資料。

WRF Domains	D1
水平解析度	4 km × 4 km
地形解析度	30s
網格數	362 × 348
微物理參數mp_physics	WDM6

表 2 WRF 模式設定資料

CCN濃度選項 邊界層參數	ccn_conc	
YSU	ON	OFF
MRF	ON	OFF
MYJ	ON	OFF

表 3 CCN 濃度變化設定

CCN濃度 邊界層參數	CCN_CTR	CCN_11	CCN_1
YSU	YSU_CTR	YSU_11	YSU_1
MRF	MRF_CTR	MRF_11	MRF_1
MYJ	MYJ_CTR	MYJ_11	MYJ_1

表 4 2018 年 7 月 10 日(藍色字體)及 7 月 11 日(黑色字體)累積雨量之公正預兆得分(ETS)。

CCN 邊界層	OFF	CCN_CTR	CCN_11	CCN_1
YSU	0.264	0.74	0.687	0.552
	0.415	0.84	0.889	0.978
MYJ	0.62	0.74	0.713	0.63
	0.51	0.714	0.683	0.658
MRF	0.462	0.557	0.483	0.466
	0.86	0.761	0.757	0.881

表 5 2018 年 7 月 10 日(藍色字體)及 7 月 11 日(黑色字體)累積雨量之偏倚得分(BS)，黃色網底為最佳模擬資料。

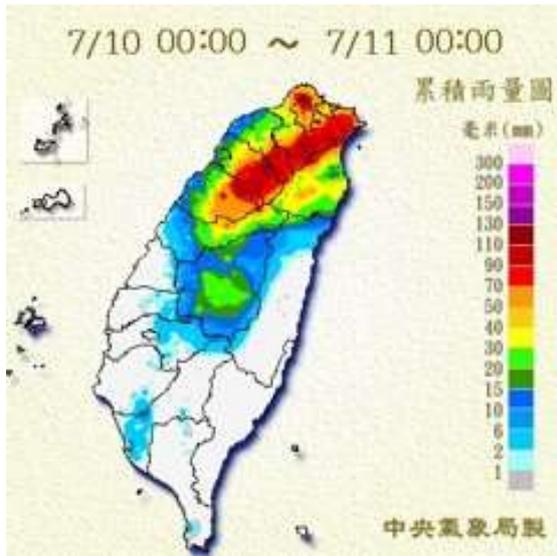
邊界層 \ CCN	OFF	CCN_CTR	CCN_11	CCN_1
YSU	0.514	0.86	0.829	0.743
	0.644	0.916	0.943	0.989
MYJ	0.787	0.74	0.844	0.794
	0.714	0.708	0.826	0.811
MRF	0.86	0.746	0.695	0.683
	0.679	0.873	0.87	0.938

表 6 2018 年 7 月 10 日(藍色字體)及 7 月 11 日(黑色字體)累積雨量之均方根差(RMSE)，黃色網底為最佳模擬資料。

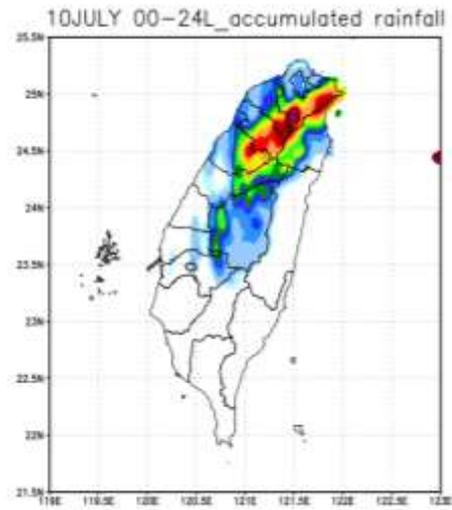
邊界層 \ CCN	OFF	CCN_CTR	CCN_11	CCN_1
YSU	21.322	18.128	18.984	20.116
	30.778	36.173	31.221	29.334
MYJ	5.97	17.053	15.877	15.938
	28.012	30.715	29.760	31.800
MRF	19.692	20.236	17.914	19.884
	31.797	30.927	30.903	33.338

表 7 2018 年 7 月 10 日(藍色字體)及 7 月 11 日(黑色字體)累積雨量之皮爾森相關係數(PMC)，黃色網底為最佳模擬資料。

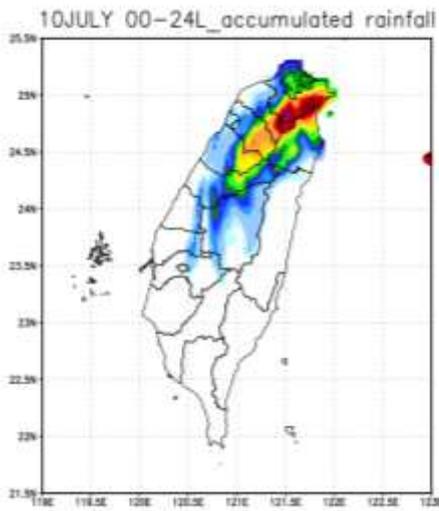
邊界層 \ CCN	OFF	CCN_CTR	CCN_11	CCN_1
YSU	0.777	0.847	0.821	0.800
	0.750	0.800	0.810	0.810
MYJ	0.843	0.841	0.889	0.884
	0.799	0.754	0.809	0.782
MRF	0.819	0.806	0.864	0.837
	0.708	0.773	0.794	0.747



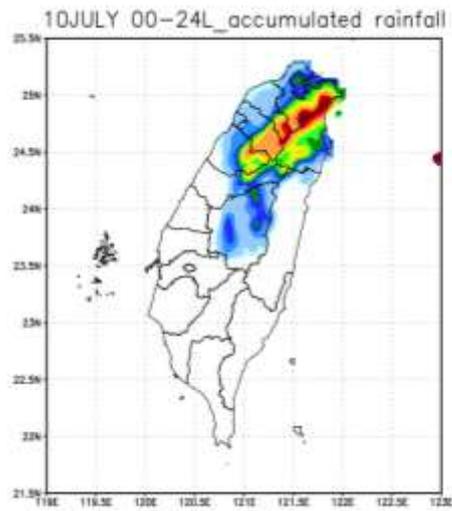
7月10日 累積雨量圖



(a) YSU

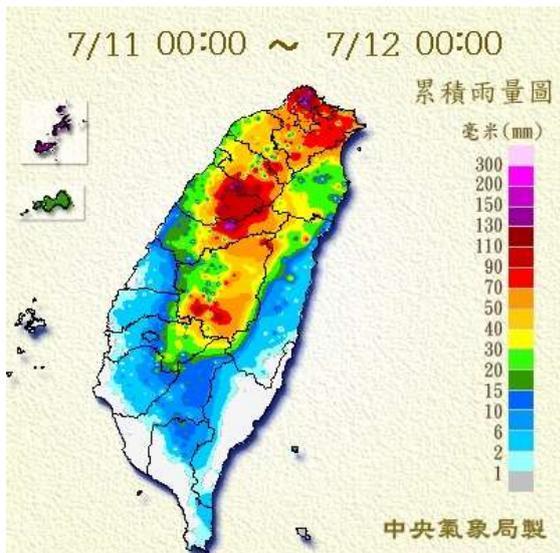


(b) MYJ

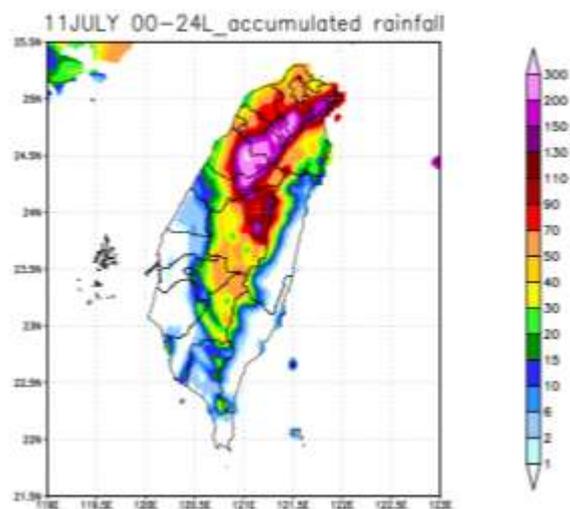


(c) MRF

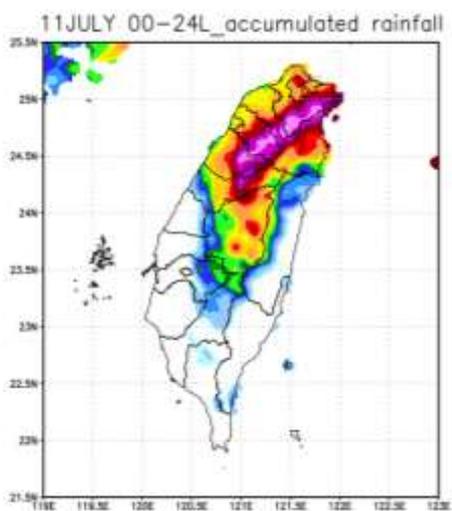
圖1 2018年7月10日累積雨量實際觀測與模擬圖(單位：mm)



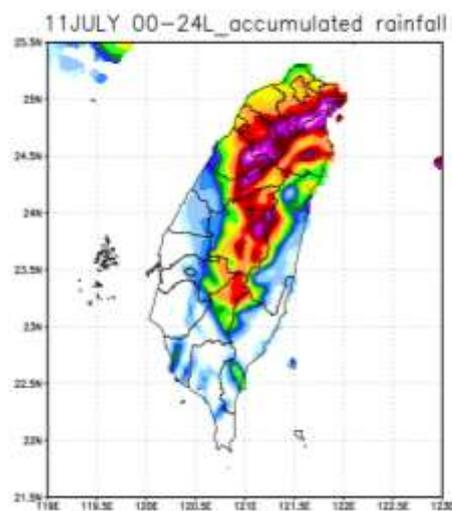
7月11日 累積雨量圖



(d) YSU



(e) MYJ



(f) MRF

圖1 2018年7月11日累積雨量實際觀測與模擬圖(續)(單位：mm)

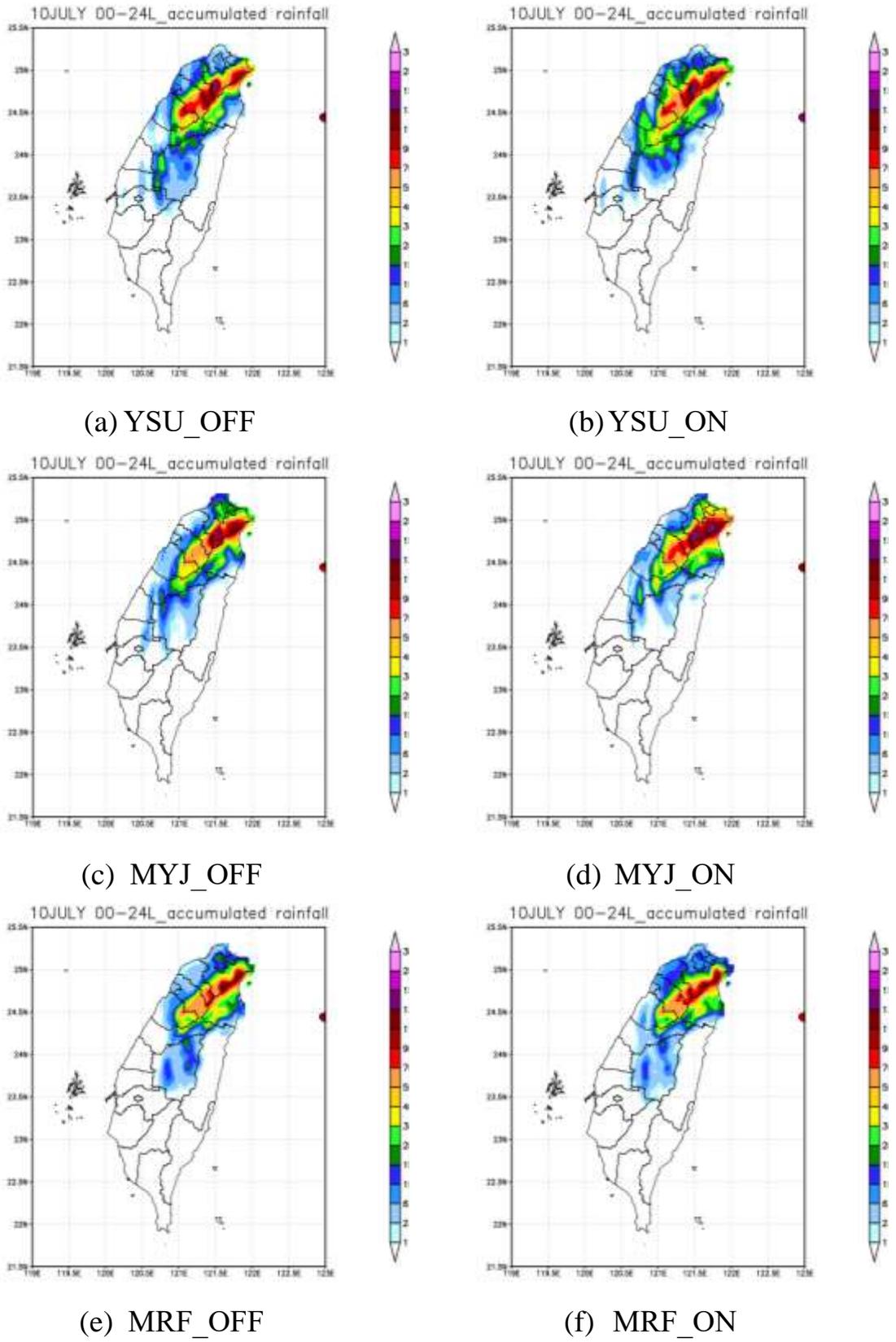


圖2 7月10日CCN濃度變數未開啟(a, c, e)與開啟(b, d, f)模擬累積雨量(單位：mm)

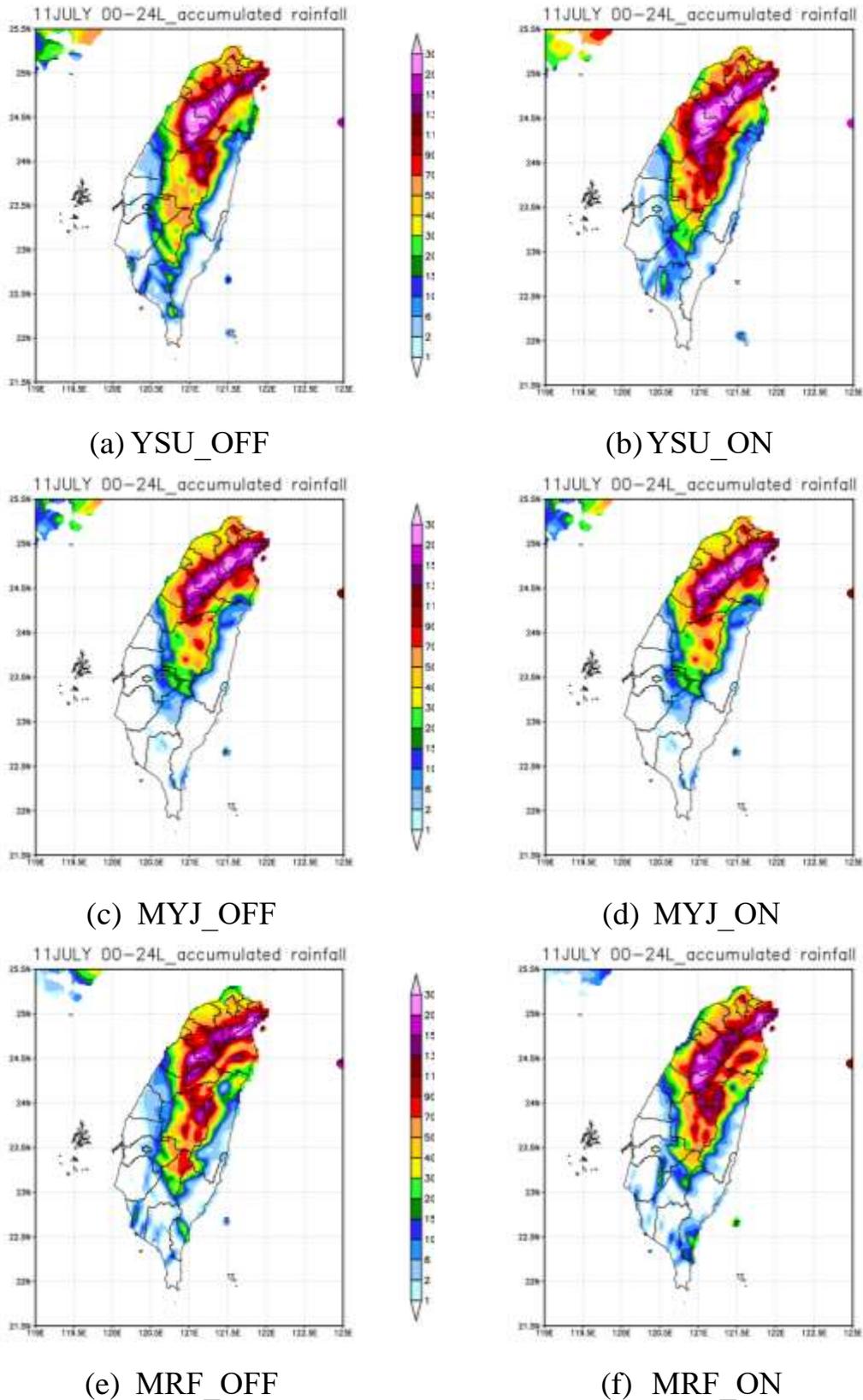
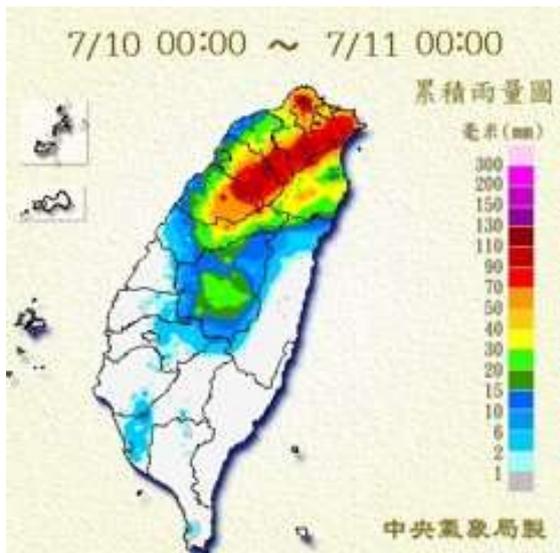
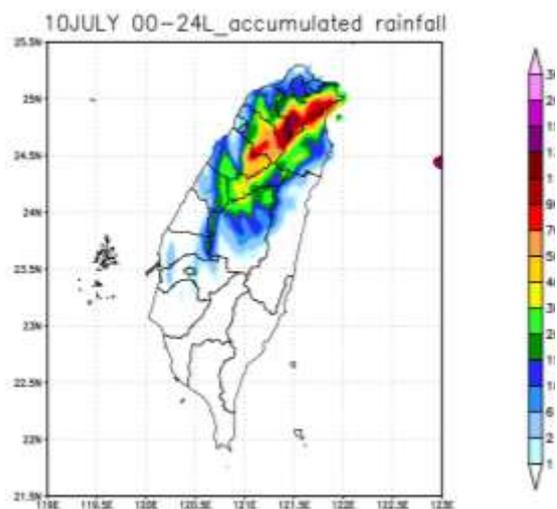


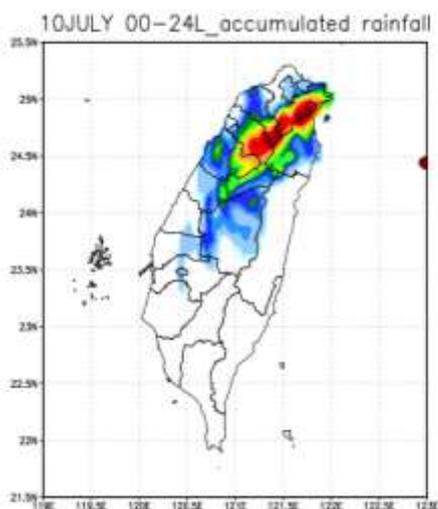
圖 3 7 月 11 日 CCN 濃度變數未開啟(a, c, e)與開啟(b, d, f)模擬累積雨量(單位：mm)



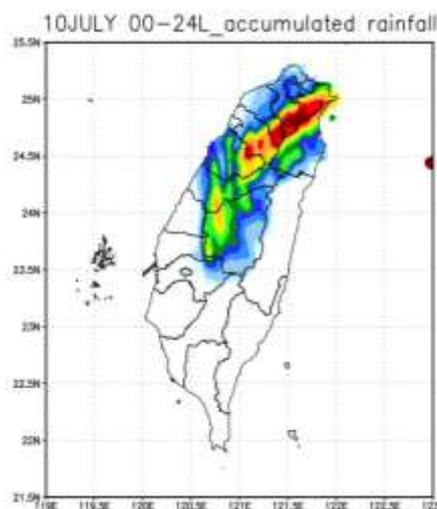
7月10日 累積雨量圖



(a) YSU_CTR

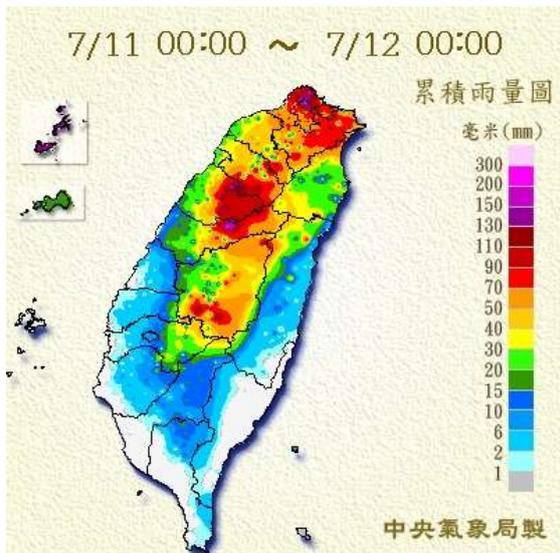


(b) YSU_1

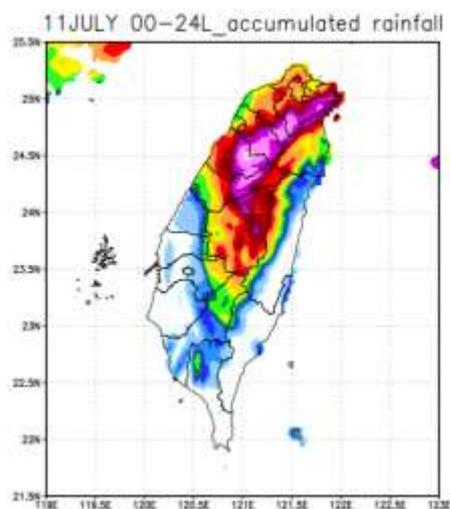


(c) YSU_11

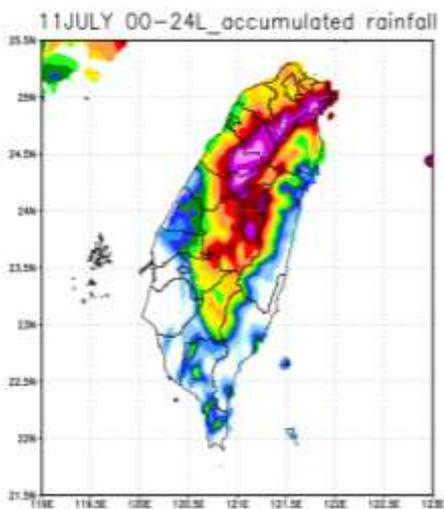
圖 4 2018 年 7 月 10 日累積雨量實際觀測與 YSU 模擬圖(單位：mm)



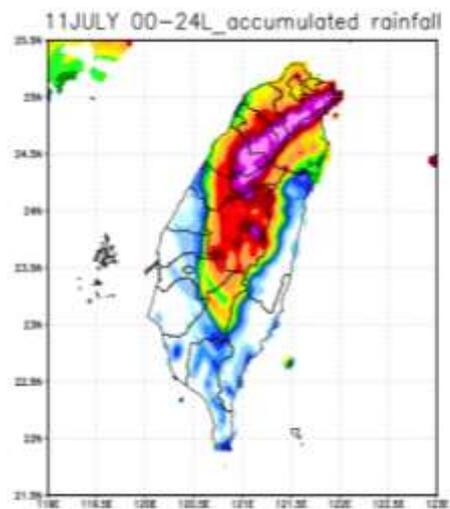
7月11日 累積雨量圖



(d) YSU_CTR

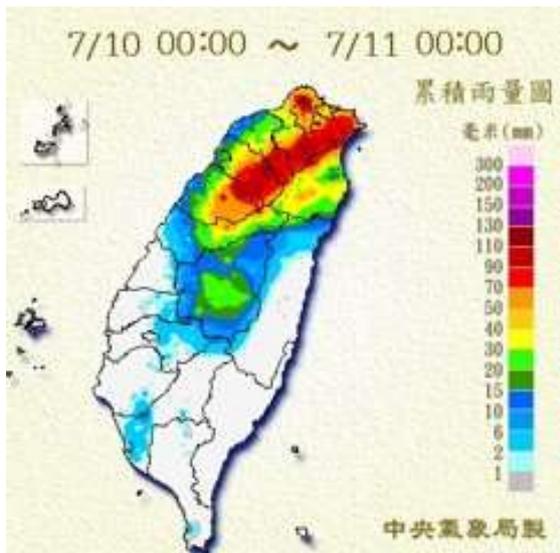


(e) YSU_1

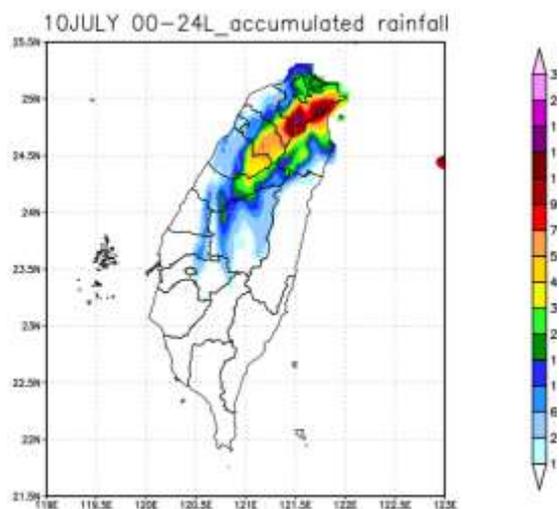


(f) YSU_11

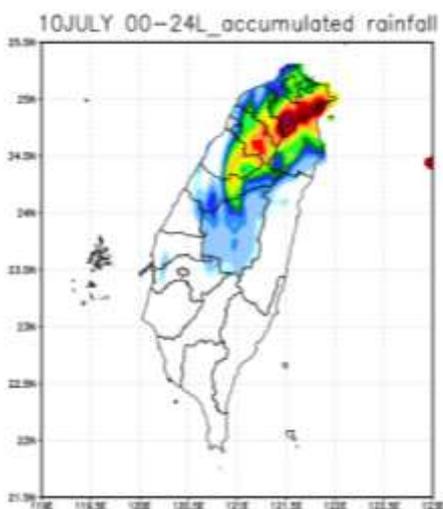
圖 4 2018 年 7 月 11 日累積雨量實際觀測與 YSU 模擬圖(續)(單位：mm)



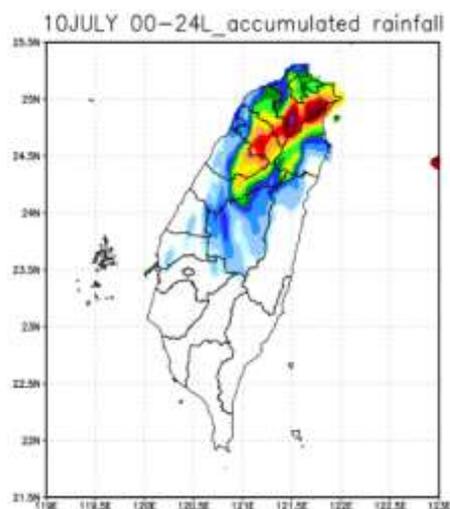
7月10日 累積雨量圖



(a) MYJ_CTR

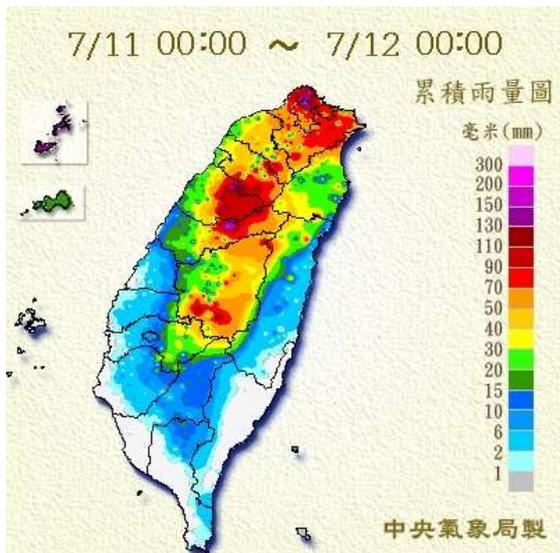


(b) MYJ_1

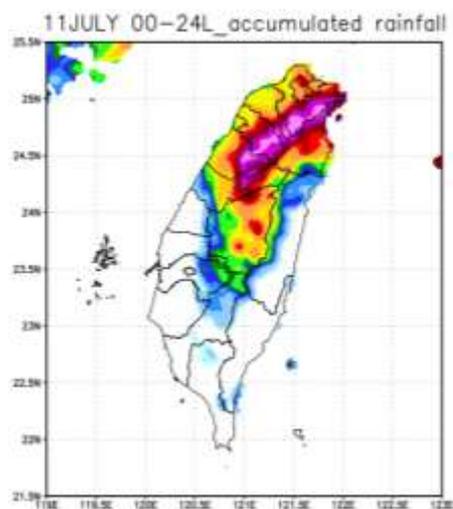


(c) MYJ_11

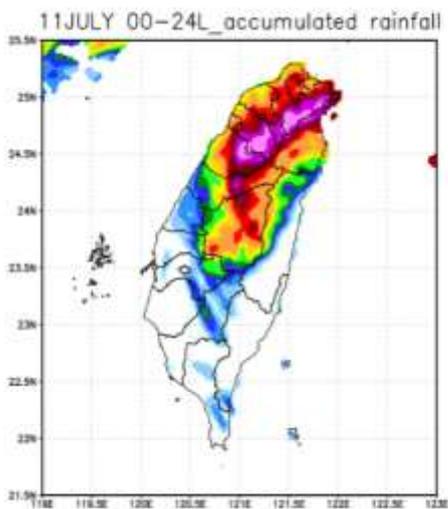
圖 5 2018 年 7 月 10 日累積雨量實際觀測與 MYJ 模擬圖(單位：mm)



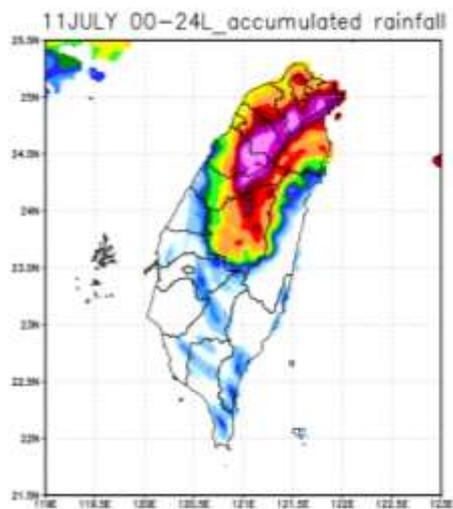
7月11日 累積雨量圖



(d)MYJ_CTR

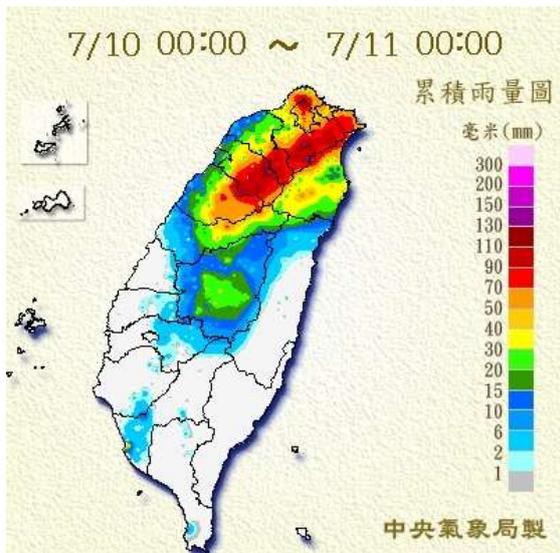


(e)MYJ_1

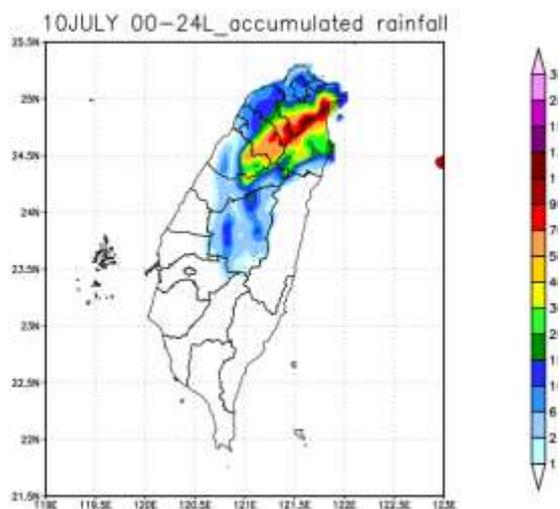


(f) MYJ_11

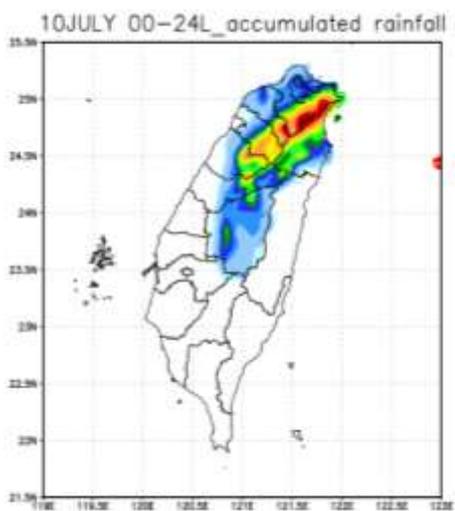
圖 5 2018 年 7 月 11 日累積雨量實際觀測與 MYJ 模擬圖(續)(單位：mm)



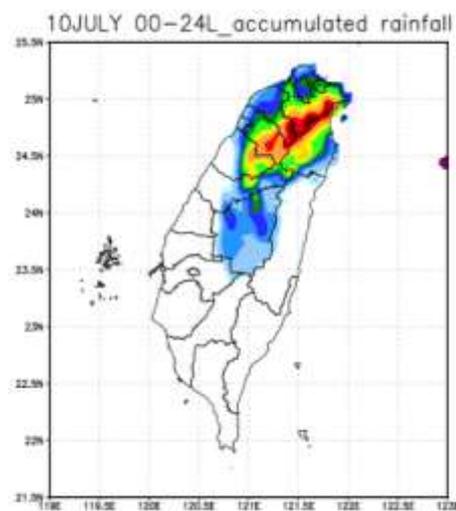
7月10日 累積雨量圖



(a) MRF_CTR

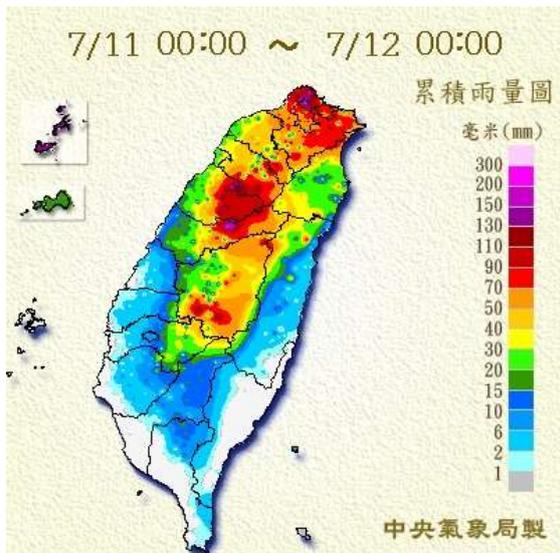


(b) MRF_1

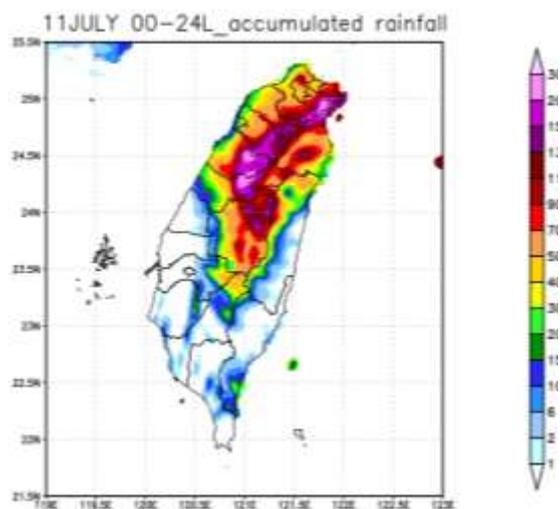


(c) MRF_11

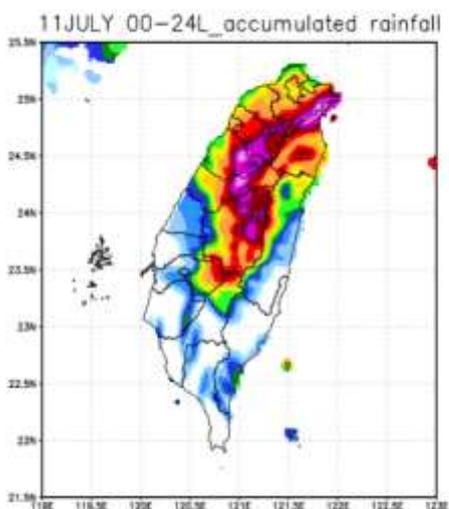
圖 6 2018 年 7 月 10 日累積雨量實際觀測與 MRF 模擬圖(單位：mm)



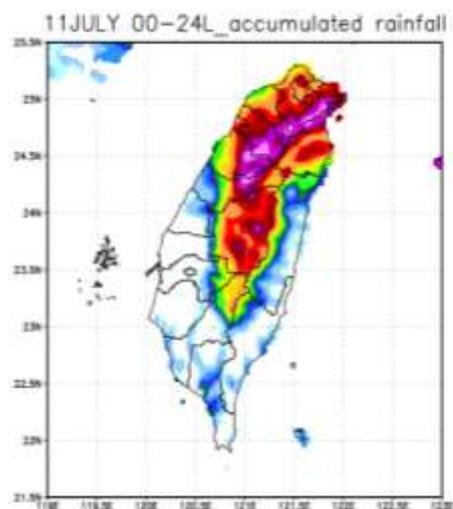
7月11日 累積雨量圖



(d)MRF_CTR



(e)MRF_1



(f) MRF_11

圖 6 2018 年 7 月 11 日累積雨量實際觀測與 MRF 模擬圖(續)(單位：mm)

Numerical simulation research on the influence of cloud condensation nuclei on Taiwan's precipitation from Typhoon Maria (2018)

Shih-Yao Yeh, Horng-Syi Shen

The Weather Center of Weather Wing, R.O.C.A.F. ,Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University

Abstract

Typhoon Maria, the No. 8 typhoon generated in 2018, intensified into a strong typhoon on July 6 with the cooperation of the environmental field, and then weakened its intensity during the Eyewall replacement cycle. After Rapid intensification (RI), it re-intensified to a severe typhoon on July 8. As the path gradually moved northward and passed through the influence of cooler sea surface temperatures, the intensity of Typhoon Maria gradually weakened; on the evening of July 10, the periphery of the typhoon affected Taiwan, and finally landed in Fujian Province, mainland China on the morning of July 11.

This study case is similar to the path of the northwest typhoon. The typhoon is generated from the southeastern waters of Guam. Under the guidance of the steering flow, the typhoon center passes through the northern waters of Taiwan, and does not pass between Keelung and Pengjiayu, and does not meet the definition of northwest Taiwan, but it can still be called the Northwest Typhoon in a broad sense, and finally went straight to Fujian Province in mainland China. However, due to the influence of the peripheral circulation of the typhoon, it caused torrential rain in northern Taiwan, causing serious disasters. For example, the accumulated rainfall of Zhuzi Lake in 24 hours reached torrential rain level. 306 mm.

This case uses the (Weather Research and Forecasting, WRF) model version 4.2.1 for model simulation, the simulation start time is 1200 UTC on July 9, and the end time is 0000 UTC on July 12. The simulation results show that the three boundary layer parameters (YSU scheme, MYJ scheme, MRF scheme) simulated cases, the spatial distribution of 48-hour cumulative rainfall obtained is very close to the observed value in the northern region, but the simulated cumulative rainfall in the windward mountainous area is 250 mm The above values are quite different from the observed values. To this end, increase the concentration of cloud condensation nuclei (Cloud Condensation Nucleus Concentration), with WDM6 CCN concentration initial setting (CCN_CTR), CCN concentration return to 0 (CCN_1) and CCN concentration 1000 times (CCN_11), the above operating parameters change the non-activated concentration contained in the air The number of condensation nuclei is used to improve the accuracy of precipitation, which will be used by future forecasters. After

comparing the simulation results, the combination of YSU scheme and CCN_11 is the best; in addition, the simulated position and central pressure of the surface pressure are close to the actual observation.

Keywords: Typhoon Maria, Condensation Nucleus Concentration, Accumulated Rainfall.