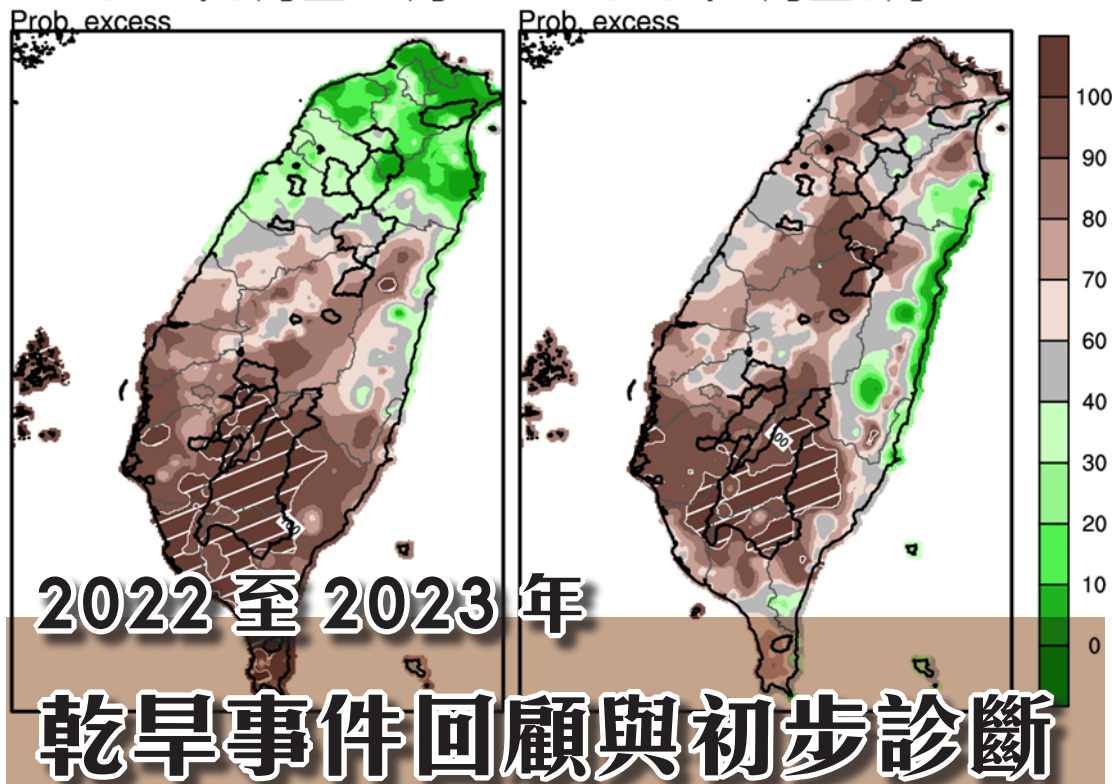


2022年5月至12月

2023年1月至6月



李明營 / 中央氣象局氣象科技研究中心

摘要

2020年6月至2021年5月臺灣剛經歷百年大旱的磨練，事隔一年多，2022年底再次因為南部水情不佳，水利署、經濟部陸續成立旱災災害緊急應變小組，並於12月9日決議「嘉南地區2023年的一期稻作實施全面節水停灌」。隨著旱象持續惡化且擴張，更於2023年3月1日成立旱災中央災害應變中心。直到2023年8月上旬因卡努颱風及季風環流等因素的降雨，才將南部旱象解除。本文將回顧此次乾旱的環流特徵，並分析造成乾旱的可能物理機制。

一、2022 年 5 月至 2023 年 6 月雨量總回顧

氣候上而言，南部降雨有明顯的季節性，以臺南及高雄氣象站為例，豐水期大約是 5 月至 9 月，5 個月期間的雨量約接近全年總雨量的 9 成。回顧 2022 年雨量，1 至 4 月臺灣雨量雖大致多於氣候值，但此時是南部的乾季，4 個月實際雨量對水庫增加儲水的貢獻不大。統計 2022 年 5 月至 12 月雨量，總雨量以基隆北海岸、宜蘭超過 4000 毫米為最多，中南部沿岸不足 900 毫米為最少；與同期雨量比較，則有北部偏多，中南部偏少，且愈往南部愈偏少的情況，曾文水庫、高屏河流域等地甚至為紀錄中的最低（圖 1 上）。2023 年 1 至 6 月總雨量仍以基隆北海岸、宜蘭最多。相對於過去同期，僅有東半部沿岸的雨量較多，西半部則是顯著偏少，高屏河流域的雨量更是達到歷史新低（圖 1 下）。

二、2022 年 5 月至 12 月的雨量與環流回顧

2022 年梅雨季期間，5 月中旬至 6 月上旬陸續因鋒面、西南風、午後對流等因素帶來降雨，但因鋒面及西南風的位置略為偏北，造成臺灣雨量中部以北偏多、南部雨量偏少（圖 2a）。7 月至 8 月期間的西北太平洋副熱帶高壓（以下簡稱副高）顯著偏強，副高脊線經過臺灣並西伸至中國廣東，臺灣更為反氣旋中心（圖 2b），符合此段時間臺灣以高溫少雨為主的天氣形態。更由於副高偏強，使得臺灣有如加了防護罩一般，颱風均無法接近臺灣，創下臺灣氣象史上第 1 次 8 月之前沒發颱風警報的紀錄。因颱風帶來的雨量偏少，也使得 7 月至 8 月期間全臺灣雨量顯著偏少。

2022 年 9 月起，副高退場，西北太平洋的熱帶擾動轉為活躍，除軒嵐諾颱風成為 2022 年唯一侵臺颱風，9 月的梅花、諾盧颱風，以及 10 月的尼莎、奈格颱風，均發生颱風外圍環流配合東北季風，為東半部、北部帶來顯著降雨；相對來說，中部的雨勢亦不小，但南部因地處背風面，雨勢不大。根據經濟部水利署的統計資料，尼莎颱風為中部以北帶來 50~850 毫米的雨量，但臺南水庫集水區的雨量僅 3~6 毫米。因此，9 至 10 月臺灣雨量大致以彰化為界，呈現北多南少形態（圖 2c）。11 月至 12 月，臺灣的北部及東部外海有較多水氣，這

些水氣隨著東北季風的吹拂，為臺灣北部帶來豐沛的雨水，但中南部因中央山脈阻隔，仍無法受到雨神的關愛，雨量持續偏少(圖 2d)。

三、2023 年 1 月至 8 月上旬的雨量與環流回顧

2023 年 1 月至 2 月，雖然南海、菲律賓海及臺灣東部海域的水氣較多，但此時臺灣附近的風場是偏強的東風，東風帶來的水氣僅讓臺灣東半部有局部略多的雨量，背風面的西半部降雨極度偏少，多數區域不到同期的 3

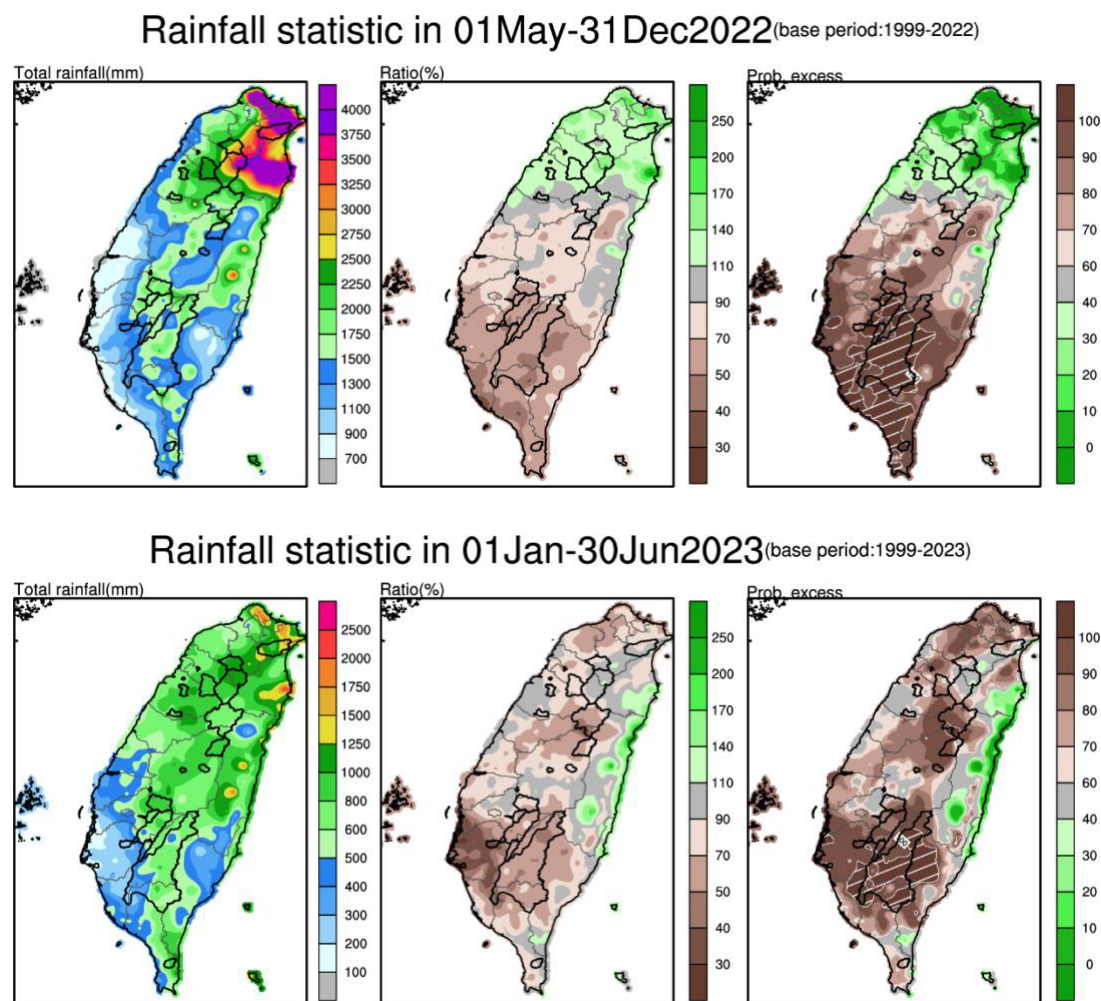


圖 1 臺灣降雨的總雨量(單位毫米,左)、降雨比(% ,中)及超越機率(右),圖中黑色粗線是水庫集水圖的範圍,右圖的白色斜線區雨量達歷史新低紀錄。上方為 2022 年 5 至 12 月,下方為 2023 年 1 月至 6 月。

成 (圖 2e)。時序進入 3 至 4 月，氣候上是梅雨季來臨前的春雨高峰期，但此時菲律賓海至南海為氣旋式風場，臺灣位於氣旋距平的西北方，為偏強的東北風，東北風象徵西南風帶來的水氣較少，南部更因東北風的背風雨遮效應，

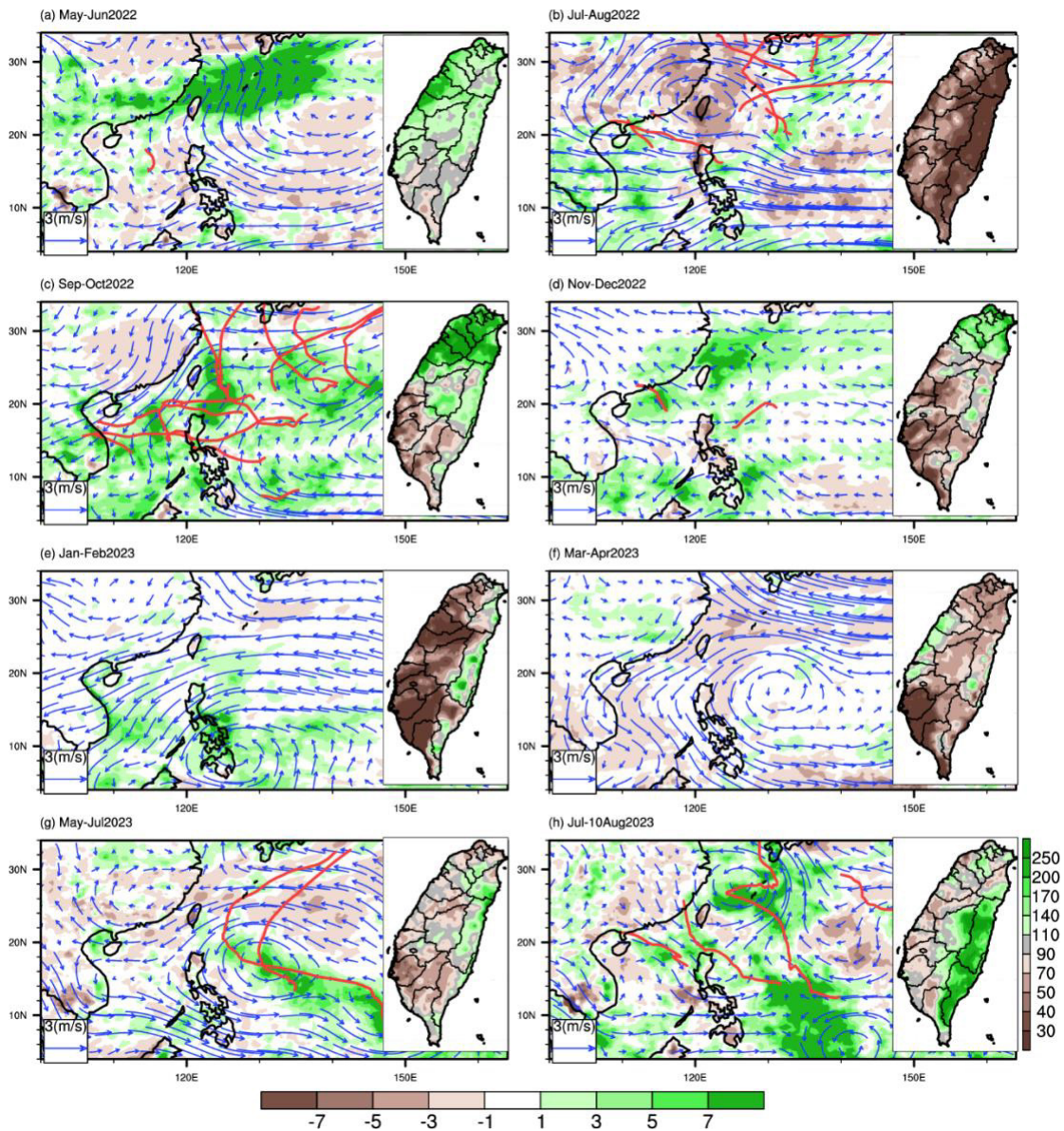


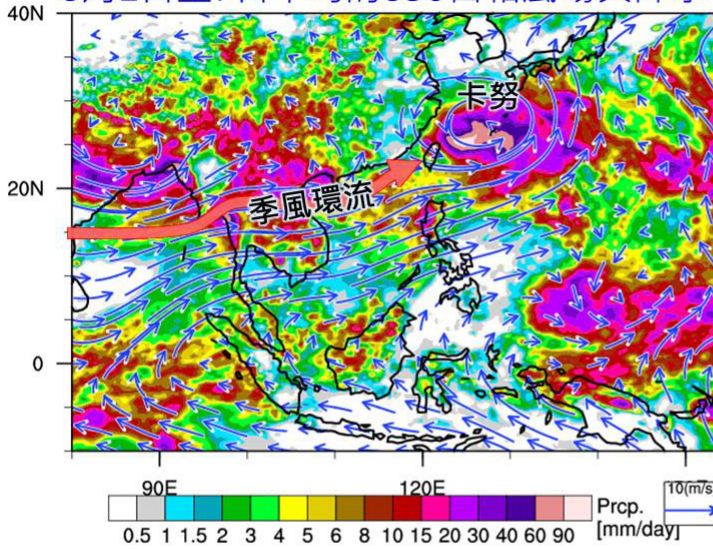
圖 2 臺灣地圖是雨量百分率(%)，色階圖顯示於 h)、東亞地圖為 850 百帕風場(藍箭頭)、降水(顏色, mm/day) 距平，以及颱風路徑(紅曲線)；8 組圖分別是 2022 年的 (a)5-6 月、(b)7-8 月、(c)9-10 月、(d)11-12 月，以及 2023 年的 (e)1-2 月、(f)3-4 月、(g)5-6 月、(h)7 月 1 日至 8 月 10 日。

雨量仍是顯著偏少(圖 2f)。

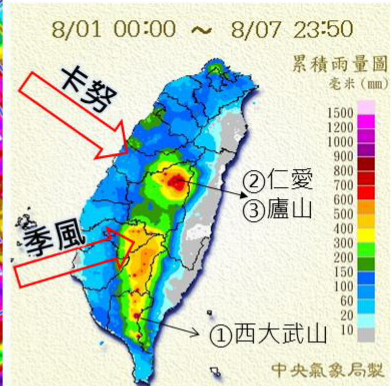
5 月至 6 月是臺灣氣候上的梅雨季，2020 至 2021 的百年大旱，就是由豐沛的梅雨化解了乾旱的危機(李等人，2022)。各界均翹首盼望著梅雨再度扮演救世主；然而，天不從人願。2023 年 5 至 6 月的梅雨季期間，雖有 4 波移動性鋒面，1 波滯留鋒面及午後雷陣雨帶來雨量，另有瑪娃颱風在 5 月底 6 月初為臺灣北部、東半部帶來局部大雨；但南部雨量仍是比氣候值偏低許多(圖 2g)。診斷其原因，發現此時臺灣仍延續 3 至 4 月的東北風距平，也應該與菲律賓海的氣旋有關。

7 月之後是颱風季，氣候上來說，是中南部在梅雨季之後另一個雨量高鋒期。2023 年 7 月上半月副高偏強，臺灣雨量偏少。所幸，下半月大環境改變，副高勢力消退，午後雨勢轉劇。杜蘇芮颱風 7 月 25 日至 28 日由巴士海峽轉由臺灣海峽北上，雖在花蓮及臺東帶來致災性豪大雨，但為南部山區帶來較大雨勢(圖 2h)，曾文及烏山頭水庫的水位終於有較大的回升。緊接著杜蘇芮颱風之後，7 月底卡努颱風也移動至臺灣附近，隨後於 8 月上旬在臺灣至日本之間，以緩慢且有如跳舞般的路徑飄然移行。也因為卡努颱風的移行緩慢，再配合季風環流，兩股氣流在臺灣中南部匯合，也帶來驚人雨勢(圖 3)，並有災情傳出；但也讓曾文及烏山頭水庫水位劇升，解除了 2022 年下半年以來的南部旱象(圖 4)。

8月1日至7日平均的850百帕風場與降水



臺灣累積雨量



註：左圖的降水為衛星估計，且單位是[毫米/日]，與右圖的雨量站觀測在數值上不一致，但空間分配相似。

8/1~8/7總雨量的前3名(單位：毫米)

名次	累積值	測站名稱	高度	縣市	2023年8月						
					1	2	3	4	5	6	7
①	1187.0	西大武山	1828m	屏東縣	14.5	0.5	48.0	326.5	445.0	318.0	34.5
②	1058.5	仁愛	1184m	南投縣	0.0	0.5	243.5	749.0	65.0	0.5	0.0
③	881.0	廬山	1562m	南投縣	0.0	1.5	154.5	667.0	57.5	0.5	0.0

圖3 2023年8月1日至7日的850百帕風場與降雨(左上)、臺灣累積雨量(右上)，以及總雨量前3名的雨量站，其中，南投縣的仁愛、廬山雨量站在8月4日的單雨量打破該站雨量的最多紀錄。

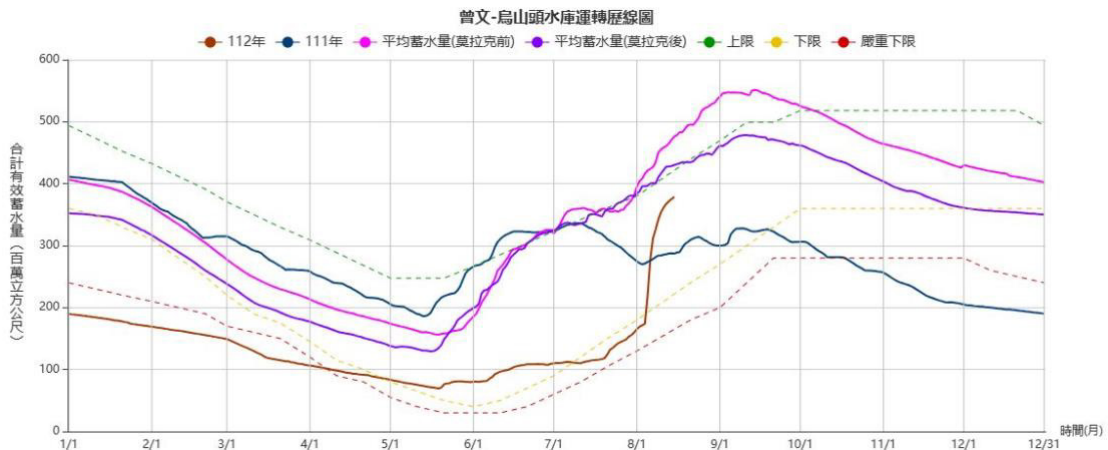


圖4 曾文-烏山頭水庫運轉歷線圖，圖檔來源為經濟部水利署南部水資源局的網頁 (<https://www.wrasb.gov.tw/cp.aspx?n=31290>)

四、解除旱象的可能機制

圖 4 為曾文 - 烏山頭水庫在 2023 年的運轉歷線圖。曾文水庫的集水區範圍較大，且是臺灣最大的水庫。在水利操作上，曾文水庫會放水至烏山頭水庫，再放流至其他水利設施。因此，兩個水庫可視為一體，水利署也以聯合操作方式管控這兩個水庫。2023 年 5 至 7 月中旬雖然南部雨量偏少，但降雨總量仍比前幾個月多；又由於水利署進行嚴格控管，所以曾文 - 烏山頭水庫的水位能緩緩地回升（圖 4）。7 月下旬因南方水氣、杜蘇芮颱風及午後對流的雨勢，水位上升較明顯。8 月上旬更因卡努颱風及季風環流影響，水位顯著回升。

2023 年 7 月下旬至 8 月上旬大環境轉變，也解除了南部的旱象，值得再進一步分析。大致將 7 月中旬至 8 月上旬分為 3 個時期，在 7 月 9 日至 18 日的平均環流圖中（圖 5a），由阿拉伯海東側、孟加拉灣、南海，以及熱帶西北太平洋，均是對流偏強區域，此一系的對流系統呈現西北西至東南東的傾斜。10 日後，阿拉伯海、孟加拉灣的對流均有增強、緩慢北移現象；熱帶西北太平洋的強對流則分成兩區，並有朝西北移動（圖 5b）。再 10 日後的 7 月 29 日至 8 月 7 日，也就是卡努颱風與季風環流影響臺灣最劇烈時期，此時西北太平洋的強對流持續朝西北方移動，在孟加拉灣的對流也持續向北，且增強為印度洋的 4 號氣旋（圖 5c）。上述 7 月中旬至 8 月上旬印度洋、東亞至西太平洋的環流演變，類似於夏季季內振盪特徵 (Kikuchi et al., 2012)。

值得一提的是，7 月生成的泰利、杜蘇芮、卡努、蘭恩颱風，及印度洋的 4 號氣旋，似乎都生成夏季季內振盪強對流區附近，說明夏季季內振盪與颱風有良好的互動性。另一方面，卡努颱風生長於夏季季內振盪之中，大尺度的低頻季風環流會降低颱風的移速，使得影響時間延長。而主要造成中南部豪大雨的原因，是颱風環流與大尺度低頻季風環流的匯合效應（圖 3，圖 5c）。上述卡努颱風造成豪大雨的特徵，與 2009 年的莫拉克颱風（許等人，2010; Hong et al., 2010）類似，只不過莫拉克颱風的雨量是卡努颱風的 3 倍以上。

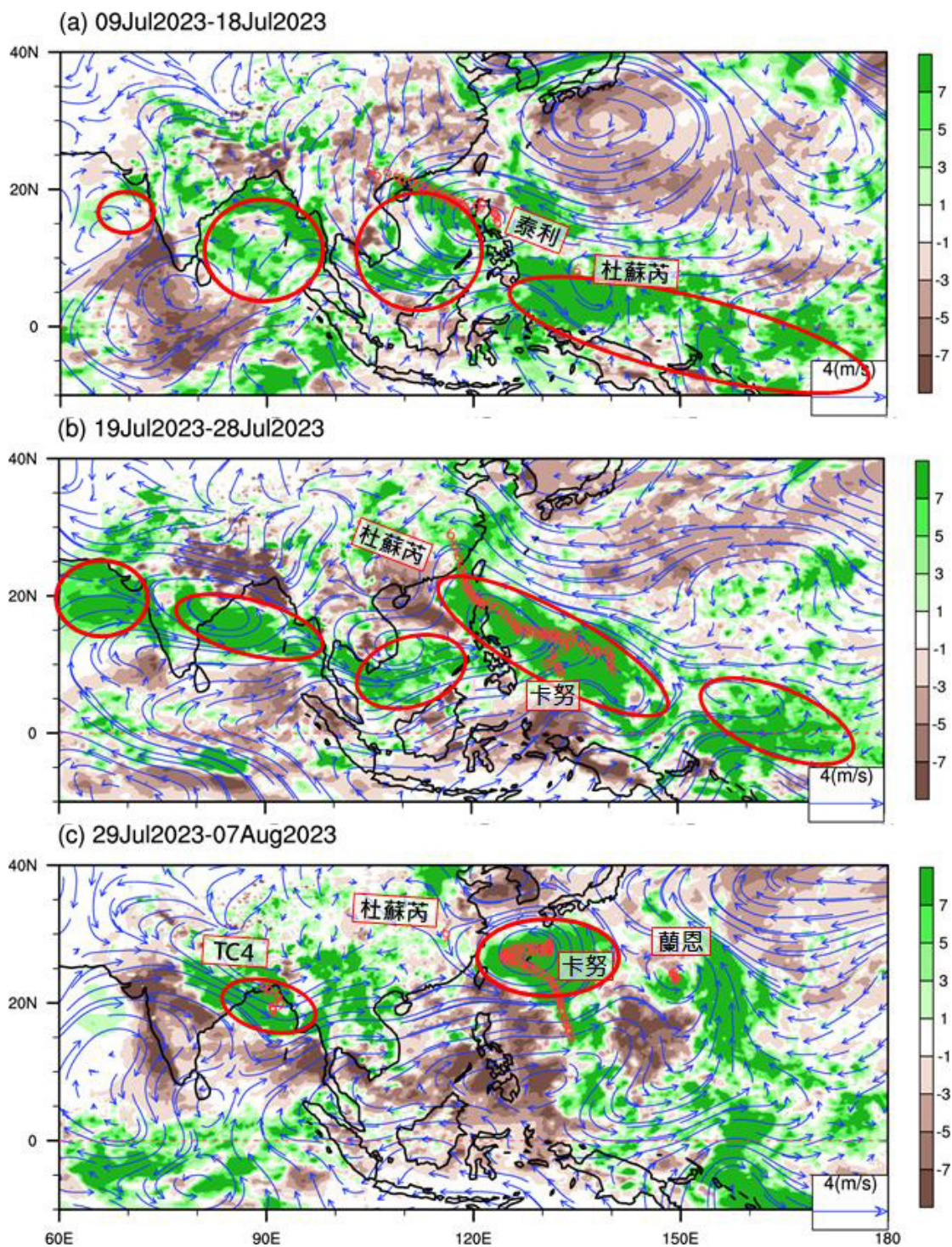


圖 5 850 百帕風場 (藍箭頭)、降水 (顏色, mm/day) 距平、颱風路徑 (紅色颱風標示) 及其名稱, 期間為 (a)2023 年的 7 月 9 日至 18 日、(b)7 月 19 日至 28 日、(c)7 月 29 日至 8 月 7 日。

五、結論與討論

2022年5至6月由於梅雨鋒面略偏北，造成雨量北多南少；7至8月副高顯著偏強，全臺雨量顯著偏少；9至10月熱帶擾動多，配合東北季風造成北、東半部雨多，中南部雨少；11至12月東北季風挾帶的水氣較多，使得北臺灣雨多，中南部雨少。2023年1月至4月臺灣附近為東北風距平，地處背風面的南部雨量持續偏少。5至6月僅有一道降雨較多的滯留性鋒面，臺灣仍受東北風距平影響，南部總雨量仍不多。直到7月下旬至8月上旬，夏季季內振盪逐漸移入西北太平洋，大尺環境轉濕，並陸續因南方水氣、杜蘇芮颱風、卡努颱風及季風環流等因素，使用南部有持續且顯著的降雨，也解除南部旱情的危機。

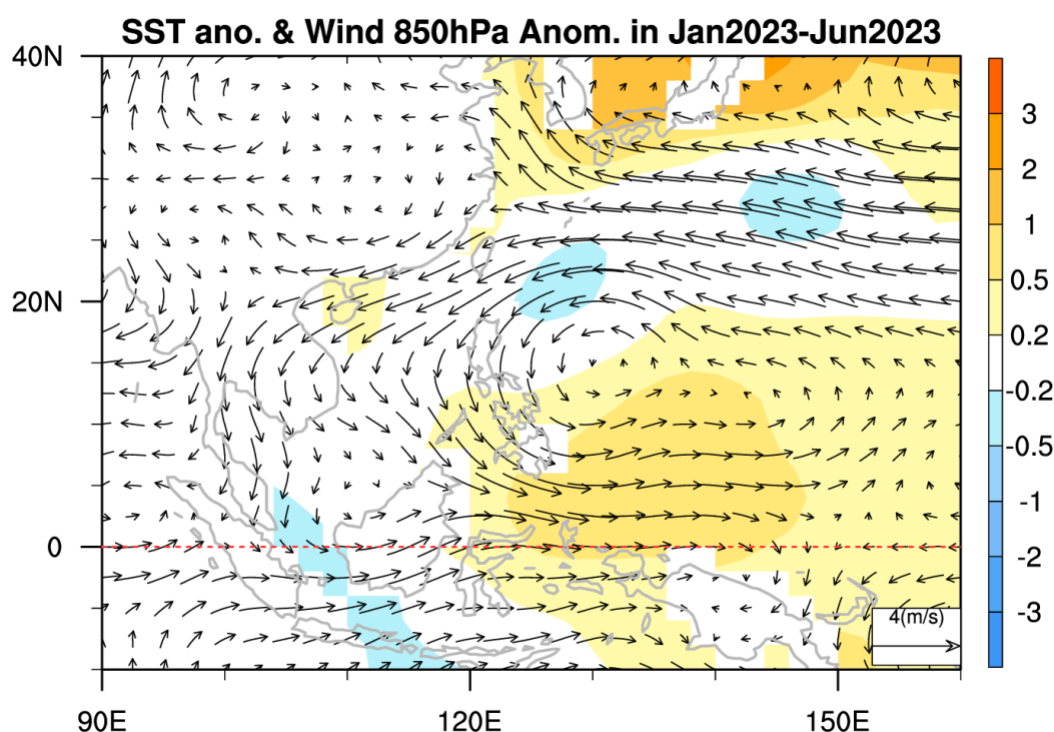


圖 6 2023 年 1 月至 6 月平均的 850 百帕風場、降水距平。

圖 2 顯示，在 2023 的 1 至 2 月、3 至 4 月、5 至 6 月期間，臺灣均受菲律賓海氣旋距平的偏強東北風影響，訊號相當持續。不禁令人猜想是否有低頻系

統的影響，圖 6 為 2023 年 1 至 6 月平均的 850 風場與海溫距平，除了可以看到前述在菲律賓的氣旋距平，還能發現此氣旋剛好位於暖海溫距平的西北側，符合 Rossby wave 的海氣偶合配置。另外，臺灣附近的東北風距平，底層的海溫也相對偏冷，亦符合北風與低溫相配合的海氣偶合正回饋機制。因此推論，2023 年 1 至 6 月在菲律賓偏暖，進而導致臺灣附近的東北風距平，兩者為海氣偶合系統，可以長時間維持，是造成臺灣此時雨量較少的可能原因之一。

至於菲律賓海為何偏暖，除與反聖嬰有關，也可以是暖化效應造成的。若是後者，是否代表乾旱將成為臺灣的常態？或者只是作者自己的杞人憂天？但若我們能做些什麼，為淨零碳排有所貢獻，並為我們共同的未來努力創造一個更美好的環境，也不失為美事一件。正所謂天道酬勤，努力總不會是壞事吧！

參考文獻：

- 中央氣象局，2023 年：中央氣象局 111 年氣候年報。
- 李明營、洪浩哲、許晃雄、王品翔，2022：2020-2021 臺灣百年大旱原因分析。*大氣科學*。第 51 期第 1 號，31-57。
- 許晃雄、洪志誠、翁春雄、李明營、羅資婷、郭芮伶、柯互重、周佳，2010：莫拉克颱風的多重尺度背景環流。*大氣科學*。第 38 期第 1 號，1-19。
- 陳昭安、李明營、劉子明、許晃雄、羅資婷、陳永明、童裕翔、吳芊瑩、洪浩哲、鄭兆尊、林思穎，2023 年：2023 臺灣氣候變遷分析系列報告：2020-2021 極端乾旱事件與未來推估，國家災害防救中心。
- Kikuchi, K., B. Wang, and Y. Kajikawa, 2012: Bimodal representation of the tropical intraseasonal oscillation. *Clim. Dyn.*, 38, 1989-2000, doi:10.1007/s00382-011-1159-1
- Hong, C.-C., Ming-Ying Lee, H.-H. Hsu and J.-L. Kuo, 2010: Role of submonthly disturbance and 40-50 day ISO on the extreme rainfall event associated with Typhoon Morakot (2009) in Southern Taiwan. *Geophys. Res. Lett.*, VOL. 37, L08805, 6 PP.