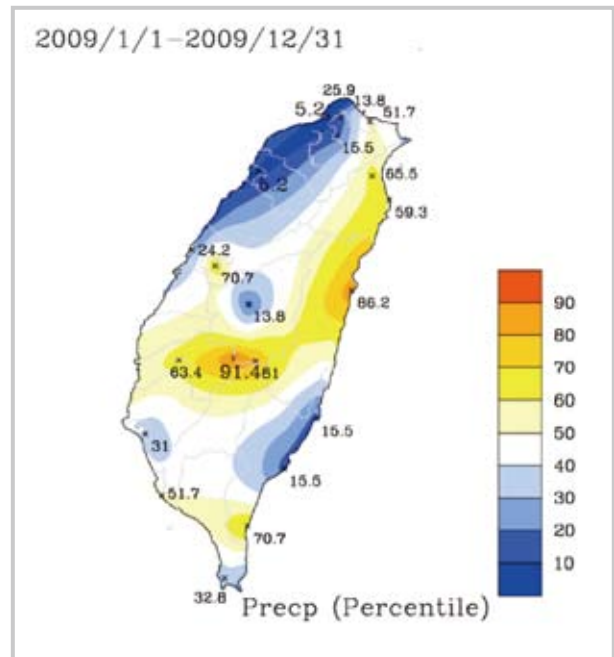


乾旱環境下的莫拉克颱風

文·圖 / 許晃雄

2009年8月4日凌晨2時（地方時）在臺灣恆春鵝鑾鼻東方1,500公里海面生成的莫拉克（Morakot）颱風，在8月6日至9日期間侵襲臺灣長達64小時。其影響期間（8/6~8/10）最主要降雨中心為嘉義、臺南與高屏山區。這個中度颱風，雨量十分驚人，阿里山的48小時累積雨量高達2,217.5毫米，打破賀伯颱風1,986.5毫米的紀錄。5天累積總降雨量最高記錄也發生在阿里山，高達3,059.5毫米，與世界紀錄相差無幾。持續性的超大豪雨引發洪水，造成多處堤防受損、溢堤甚至潰堤，水淹南部145個鄉鎮市。山區也因為超大豪雨導致大面積坡地坍塌與土石流，共計1,690處。全臺受災縣市包括臺中縣市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣市、臺南縣市、高雄縣、屏東縣及臺東縣等，死亡620人，失蹤80人，農林漁牧經濟損失高達190多億元。

令人驚訝的是，帶來破紀錄豪雨與災害的莫拉克颱風其實發生於類似乾旱的大環境中。莫拉克颱風侵臺之前，臺灣整體雨量不足，面臨乾旱危機，並有停止二期稻作的倡議。此一想法後因莫拉克颱風在短時間內帶給臺灣近50年最大的雨量而作罷。更令人遺憾的是，龐大雨量多數流入海中，無法儲存利用。因此在颱風過後，臺灣南部立即回復到嚴重缺雨的狀況並持續迄今。如臺南，上半年已嚴重缺水，莫拉克颱風過後降雨幾乎等於零，而2009年總雨量，即使包括莫拉克颱風帶來的超大雨量，還是少於長期氣候平均值。若扣除，也僅有氣候值1/3強。類似的雨量偏少情形也發生於中南部測站（如嘉義、高雄、臺東、恆春）。分析臺灣各測站2009年總雨量百分位分



2009年臺灣各測站年雨量百分位圖。（羅資婷繪製）

布（亦即PR值）發現，僅有阿里山、玉山與花蓮雨量超過80百分位，屬於偏多的情況，許多測站雨量都不到50百分位，其中臺南與屏東為30百分位，臺北與臺東為15百分位，淡水與新竹更是僅有5百分位。

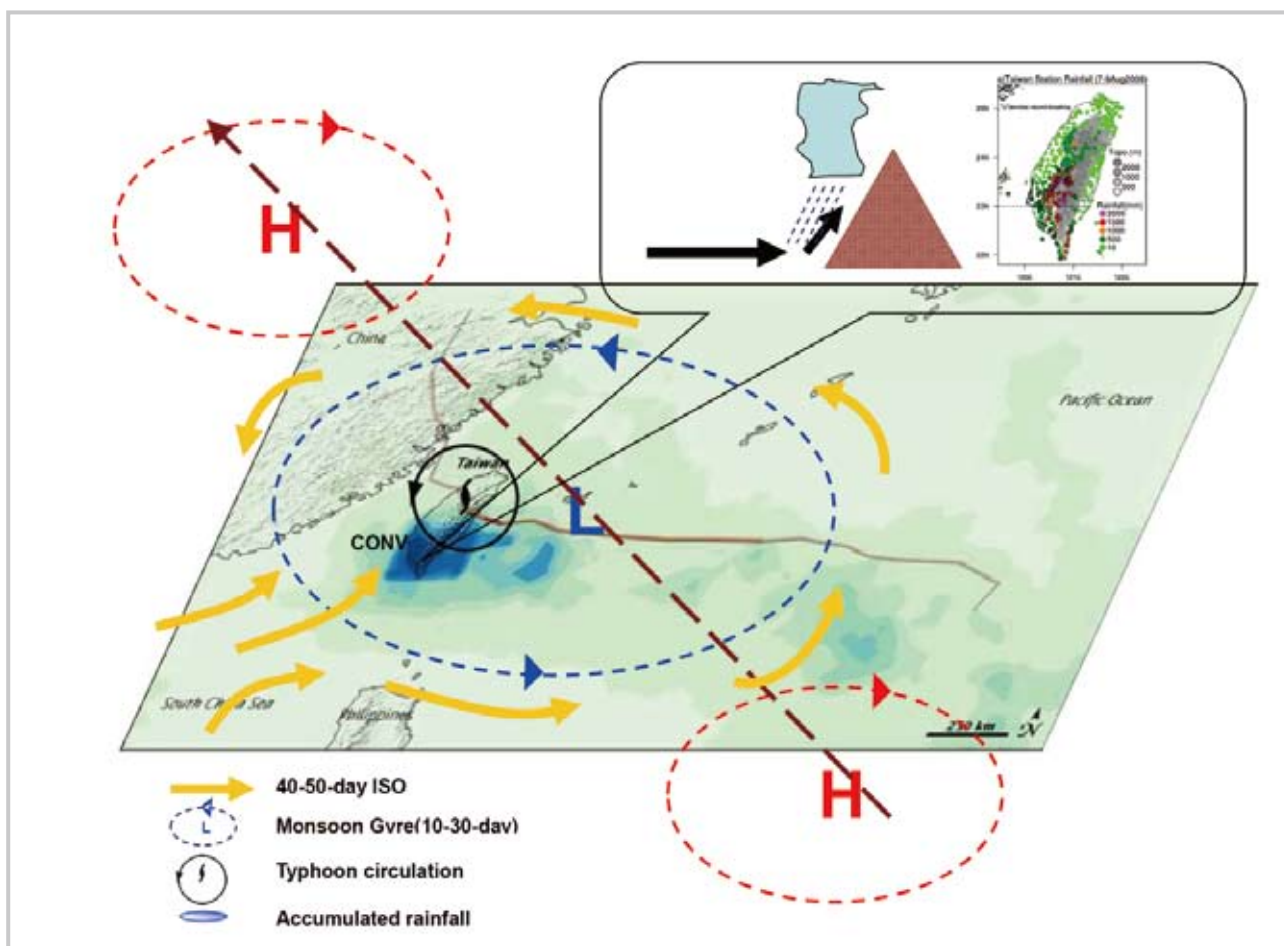
為何莫拉克颱風與乾旱兩個截然不同的極端現象發生於同一時間？看似矛盾，卻有跡可循。以整個季節來看，2009年颱風季（7-9月）臺灣鄰近區域的大氣環流普遍不利於降雨的發生。這可以從颱風數量看出端倪。2009年西北太平洋颱風總數為22，比長期平均個數26.6少一些。颱風路徑也多偏離臺灣，2009年約半數颱風都經菲律賓一帶往西移動，另外半數颱風則在130°E以東就已經往北移動。如果不計入在菲律賓來回徘徊的芭瑪

颱風（對臺灣影響有限），實際經過臺灣附近的颱風僅有蓮花與莫拉克兩個颱風。

此一現象顯示，2009年颱風季的大環境對臺灣而言實際上是一個相對的乾季。一般而言，在颱風季節，臺灣南方經常存在一個低壓帶，透過西南氣流從孟加拉灣一帶帶來豐沛的水氣。2009年颱風季，較強的熱帶對流多發生於140°E以東與20°N以南的熱帶西北太平洋。相反的，臺灣一帶對流偏弱。這樣的異常環流與對流的配置與2009年聖嬰現象有關。2009年的聖嬰現象導致整個熱帶中／東太平洋的海溫偏高。較高的海溫在中／東太平洋引發強對流，導致熱帶菲律賓海的氣壓

下降，原本位於臺灣南方的低壓帶因此往南與往東偏移，15°N以南熱帶西北太平洋的對流變強，氣流在該區上升後往北流，在臺灣一帶的副熱帶形成下沉氣流。在這樣環流的持續影響下，經常帶給臺灣豐沛水氣的西南季風環流比往年弱了許多，加上上升氣流偏弱，不利於對流的發展，雨量自然偏少。以更大空間尺度而言，2009年颱風季期間，從南亞到臺灣的20°N-30°N緯度帶，都是處於對流偏弱的情況，臺灣鄰近地區的異常氣候其實只是這個異常的大系統的一部分。

更有趣的是，雖然受到聖嬰現象的壓抑，臺灣一帶的副熱帶地區不容易產生劇烈對流，整體



莫拉克颱風侵襲期間，大尺度環流、颱風與地形抬升效應示意圖。（洪志誠繪製）

西北太平洋的海面水溫相當高，近海面的水氣量也十分充沛。我們的研究發現，在2009年颱風季期間，20°N以南的西北太平洋的雨量普遍高於90百分位，在1979-2009年間屬於高度異常的年份。近海面水氣量與海面水溫則是幾乎整個熱帶西北太平洋（如30°N以南）都高於90百分位，分別在1949-2009年間與1854-2009年間屬於高度異常的年份。水氣量與海面水溫的一致性反映了溫度高飽和水氣量就高的空氣熱力性質。降雨則不然，因為降雨與否，除了熱力條件，還受到環流的動力控制。溫度雖高與水氣量雖多，若發生於下沉區，對流受到壓抑，仍不會造成降雨。2009年7-9月臺灣鄰近地區正是處於這樣的大環境，雖然溫度高、水氣不缺，仍舊不容易發生降雨。

這樣的不利於對流發展的環境，卻在7月底-8月初出現一個短暫的空檔，讓原本活躍於南菲律賓海的對流性低壓環流移行至臺灣附近，塑造了有利於颱風與對流發展的環境，導致莫拉克颱風挾帶豐沛水氣侵襲臺灣，造成破紀錄的超大豪雨與災害。這個改變的始作俑者是一個來自熱帶往臺灣移動的波動。這個週期約為10-30天的波動形成後，一連串的高低壓從異常活躍的熱帶對流區出發往臺灣方向移動。當低壓移至臺灣南方時，一直被壓抑的低壓帶變得十分活躍，並且重新連結了孟加拉灣到臺灣一帶的水氣傳送通道。這個東西方向長寬達數千公里的低壓帶，成為颱風生成的溫床，在8月初短短的時間內，幾乎同時孕育了柯尼、莫拉克與艾陶三個颱風。在莫拉克颱風侵襲臺灣期間，這個龐大低壓帶在颱風南側形成大範圍對流帶。莫拉克颱風沿著這個對流帶北緣移動，形成颱風與西南季風環流的共伴效應，颱風渦旋附近的對流反而比南側弱，形成偏南的不對稱對流分佈，加上南部陡峭地形對水氣豐沛的

西南氣流的舉升作用，導致近颱風中心的臺灣北部雨量不如預期的多，強對流與超大豪雨反而發生於臺灣南部。國科會於3/23公布的莫拉克颱風科學報告發現，颱風與西南季風共伴效應在南臺灣與臺灣海峽形成一個持續性的強對流帶。由強對流帶產生的強降雨對流系統不斷的從海上移入臺灣南部，不僅在平地產生超大豪雨，更在南部山區因為地形的抬升作用，降下破紀錄的雨量。源自熱帶的大尺度波動、颱風與地形的巧妙連結，是造成破紀錄超大豪雨的主要原因。

高溫度與高水氣量不僅發生於2009年颱風季。過去30年，熱帶西北太平洋的溫度、水氣與雨量都有增加的現象，但是變化方式並不像全球氣溫一樣明顯的直線上升，而是呈現跳躍性的年代變化，表示可能另有大尺度的年代際變化影響西北太平洋的大氣與海洋氣候狀態。西北太平洋颱風數目的變化也呈現年代際震盪的現象：1958-1972與1989-1997偏多，1973-1988與1998至今偏少。其中以1989-1997的持續偏多與1998至今的持續偏少，最為明顯。有研究認為，這樣的變化與太平洋海溫與環流的年代際震盪有關，但是實際機制為何，至今仍然沒有定論。

國科會與災害防救科技中心的最近研究發現，1970-2009年間，前30名最大颱風豪雨有14次發生於2000年之後。在同一期間，臺灣總雨量無明顯增加或減少，但是颱風雨對年雨量的貢獻從1970年代的15%增加至2000年之後的30%。中央研究院研究也發現全球平均溫度較高的年份，全球與臺灣的大雨強度都有明顯加強的現象。由於影響氣候變化的因子相當多元與複雜，這些雨量強度加強的現象到底是屬於大氣自然變異的一部分，還是與全球暖化有關，目前的研究仍未能有定論，仍有待理論、觀測與模擬的突破，方可能

有確切答案。

莫拉克颱風帶來的極端降雨是否與全球暖化有關？氣候變化影響的是氣候系統的統計特性，單一颱風的特性可能受到許多隨機因素的影響，通常無法判斷是否是因為特定氣候變化所造成。

莫拉克颱風是否因為過去一、二十年來較高的溫度與水氣而產生破紀錄的雨量，無法從目前的資料分析得到結論。☒（本專題共同策畫／地理環境資源學系姜蘭虹教授&全球變遷研究中心柳中明主任&法律學系詹森林教授）

參考文獻：

- [1] Hsu, H.-H., 2005: Intraseasonal variability in the East Asian and WNP North Pacific summer monsoon region. Ed. K.-M. Lau and D. Waliser, Springer-Praxis, 65 - 98.
- [2] Ko, K.-C., and H.-H. Hsu, 2006: Submonthly circulation features associated with tropical cyclone tracks over the East Asian monsoon area during July - August season. *J. Meteor. Soc. Japan*, 84, 871 - 889.
- [3] Hsu, H.-H., C.-H. Hung, A.-K. Lo, C.-C. Wu, and C.-w. Hung, 2008: Influence of tropical cyclone on the estimation of climate variability in the tropical western North Pacific. *J. Climate*, 21, 2960-2975.
- [4] Ko, K.-C., and H.-H. Hsu, 2009: ISO Modulation on the submonthly wave pattern and recurving tropical cyclones in the tropical western North Pacific. *J. Climate*, 22, 582-599.
- [5] Hong, C.-C., M.-Y. Lee, H.-H. Hsu, 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.*, in press.
- [6] 許晃雄、周佳、洪志誠、柯重、翁春雄、李明營、羅資婷與郭芮伶，2010：莫拉克颱風的大尺度背景環流。國科會自然處莫拉克颱風科學報告。



許晃雄小檔案

現任臺大大氣科學系教授，1978年畢業於臺大大氣科學系，1986年於美國西雅圖華盛頓大學大氣科學系取得大氣科學博士學位，師承以物理直覺詮釋氣候而聞名於世的Professor J. M. Wallace，探討大氣的地形羅士培波。1986年底應聘至英國University of Reading氣象系擔任博士後研究員，加入天氣與氣候動力大師Sir B. J. Hoskins的研究團隊，研究大氣潮汐與季內震盪（intraseasonal oscillation）。1989年春返回臺大大氣科學系任教，1992年升任教授，2002-2005年擔任系主任，目前為國科會地球科學學門大氣組審議召集人以及三個氣候變遷相關國際學術組織中華民國委員會委員。

許教授的研究包括季內震盪、東亞季風年際與年代際變化、氣候變遷，目前領導國科會研究團隊進行臺灣氣候變遷研究。近來主要研究重點之一為熱帶西北太平洋的多重尺度交互作用，探討颱風與大尺度環流間的相互影響，發現颱風因大尺度環流產生群聚效應的同時，也以其劇烈的運動與能量影響大尺度環流。2009年莫拉克颱風即是此一多重尺度交互作用的產物。在研究之餘，勤於科普演講，推廣氣候科普知識，認為地球系統科學應比照數學、物理、化學與生物，成為大學生必備的基本科學素養，並付之實行在大氣科學系開設地球系統科學概論，列為大一必修。