

台灣南部地區地形降雨特性初步研究

李宗融、于宜強

國家災害防救科技中心

摘 要

台灣複雜的地形可以抵擋颱風強風的襲擊，卻也提供對流系統良好的舉升機制以增強降雨強度，間接引發坡地崩塌等災害。本研究從 1992-2010 共計 112 個颱風個案，分析颱風警報期間時雨量大於 40 毫米的發生頻率，發現高屏溪流域的山區為過去颱風侵台時強降雨發生的熱區，本研究即以此區做為研究區域。本研究訂定的降雨強度因子，藉由雨量強度的權重加乘以強化強降雨的訊號，透過此因子篩選研究區內的颱風個案與過去顯著致災的案例有很好的相關。

篩選的個案初步統計分析發現，高屏溪流域易發生極端降雨的歷史颱風以強烈與中度颱風居多；路徑方面以路徑 3 為最多；路徑 2 居次。分析颱風中心與高屏溪降雨的關係發現，當颱風登陸花蓮前後及出海後，由於颱風環流與地形的交互作用，在高屏溪山區易發生極端強降雨。未來希望透過多數個案的環境特性分析以及地形降雨機制分析，建立不同氣象因子與地形降雨的關係，做為未來研判災害規模與減災防災的重要參考依據。

一、前言

台灣獨特的地理位置，豪雨、颱風以及地震都是常見的自然災害。2005 年世界銀行刊行的 Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis (World Bank, 2005) 更將台灣列為全世界高災害風險的區域，顯見自然災害對台灣人民的生活與經濟活動已有顯著的關連與影響。根據內政部公布之「台灣天然災害損失統計」，其中多數為颱風災害，其次為豪雨與地震災害。若以 1991~2007 年台灣農林漁牧業災損統計為例，因颱風事件而造成的損失佔了所有損失的近 75%，顯見颱風是造成台灣最主要經濟與人命損失的自然災害。

莫拉克(2009)颱風侵台期間，在台灣南部地區降下超過 3000 毫米的雨量，創下台灣氣象觀測史上的紀錄。引發

的坡地崩塌更造成小林村近 700 人死亡的慘重災情。Ge et al.(2010) 利用 WRF 模式模擬地形對莫拉克颱風於台灣南部降雨的影響，結果顯示沒有中央山脈的模擬總降雨量遠低於有中央山脈的模擬結果。由此可知，地形與莫拉克颱風環流以及颱風引進西南氣流的交互作用明顯增強地形上的降雨強度。

台灣地形對颱風降雨的分布一向扮演很重要的角色，由颱風降雨氣候模式的分析結果可窺知一二。過去有許多學者針對地形降雨的議題進行研究。Lin et al. (2001) 分析整理出易引發地形降水的綜觀或中尺度因子如(1)大氣環境為條件或潛在不穩定，也就是環境有高對流可用位能(CAPE)；(2)潮濕的低層噴流(LLJ)；(3)陡峭的地形，協助釋放環境的高對流可用位能；(4)

移動緩慢的綜觀或中尺度天氣系統，例如颱風或鋒面。過去的研究也指出，地形與綜觀天氣系統的交互作用，是引發劇烈降水的原因之一(Kuo and Chen 1990；鄭 2006)。地形對颱風降雨的影響又可略分為二，其一為影響颱風路徑間接改變降水分布。其二就是環流或低層噴流受地形舉升凝結，增強該處的降雨強度 (Ge et al. 2010)。在地形上因颱風引發的降水又可分為兩類，一是伴隨颱風環流的降水，此類降水多半有明顯的移動性；另一是環流與地形交互作用而產生的降水，此類降水多半會呈現明顯的滯留性。Houze(1998)將地形降水的機制分為 7 類如：(1)種雲撥雲；(2)地形斜坡強迫舉升凝結；(3)地形斜坡激發；(4)地形上游減速激發；(5)熱力激發機制；(6)背風面幅合激發；(7)背風面重力波加強。從上述研究可知，地形降雨是個非常複雜的科學議題，從綜觀尺度環境的配置、地形降雨的特性以及引發地形降雨物理機制等，本研究以 1992-2010 年 112 個發布警報個案為分析樣本，分析颱風侵台時容易發生地形降雨的熱區，再以此熱區內的個案分析其地形降雨的特性。

二、分析個案選取

1992-2010 年氣象局共針對 111 個颱風發布警報，其中 2001 年納莉颱風共發布兩次颱風警報，故本研究以此 112 個個案做為樣本。由先前的研究了解，颱風侵台期間地形對降雨強度的增強扮演重要的角色。因此，本研究以 40 毫米的時雨量強度為門檻值，計算 112 個個案海上警報期間的強降雨頻率(時雨量大於 40 毫米的次數/時雨

量大於 1 毫米的次數)分布。由於颱風路徑、強度或是大小的差異導致每個個案的強降雨頻率值分布以及大小相當分歧，為了解颱風侵台時容易發生極端強降水的熱區，本研究針對 112 個個案所有強降雨頻率值進行排序，並定義排序前 30%的頻率值為極端強降雨門檻值。利用此門檻值篩選每個格點上發生超過極端強降雨門檻值的事件進行統計(圖 1)。結果顯示，1992-2010 年歷史颱風侵台期間，最容易發生極端強降雨的位置分別是，宜蘭山區、花蓮北側山區、雪山山脈南麓、阿里山區以及高屏溪流域山區，其中又以高屏溪流域山區為最。因此，本研究以高屏溪流域做為研究區。

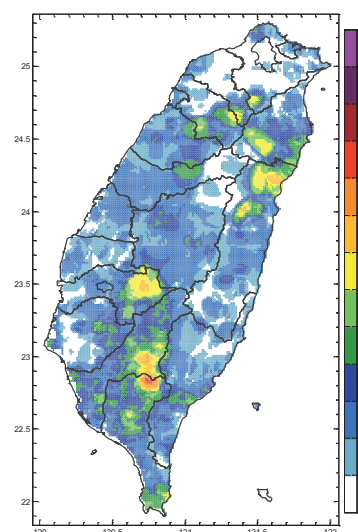


圖 1. 1992-2010 年 112 個颱風個案侵台期間發生超過極端強降雨頻率值的次數統計。

為選取過去曾在高屏溪流域內降下極端強降雨的颱風個案，本研究定義了一個降雨強度因子 I ，其公式如下：

$$I = \sum(w_0 \times r) \quad (1)$$

$$w_0 = (r - r_{Thr}) / (r_{Max} - r_{Thr})$$

其中 w_0 為權重函數； r_{Max} 與 r_{Thr} 分別表示每個格點由 1992-2010 年的雨量極大值以及權重門檻值，其中權重門檻值以每個格點 1992-2010 雨量值排序的前 0.3%定義之。另外，當雨量值 r 小於權重門檻值時，定義 w_0 為 0。由式(1)了解，降雨強度因子可應用於不同延時的降雨，另外在時間與空間上具有累加的特性。透過權重函數可以濾除小於門檻值降雨的訊號；大於門檻值降雨的訊號則會被放大加強，以 2009 年莫拉克颱風為例，透過降雨強度因子(I)的分析，高屏溪上游、阿里山山區甚至是台東太麻里地區的強降雨訊號明顯的都被凸顯(圖 2)。本研究針對 112 個個案於高屏溪流域內的 6 小時降雨強度因子進行空間與時間(警報期間)的降雨強度因子(I)進行累加與排序，並取前 20 名的颱風(表 1)做為後續分析個案，圖 3 為 20 個個案相對應之路徑圖。

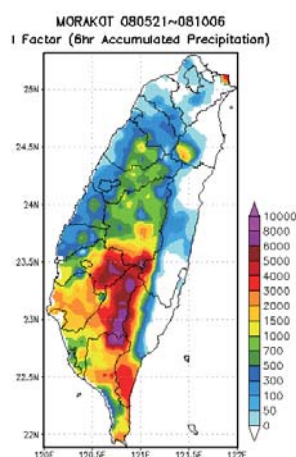


圖 2. 2009 年莫拉克颱風 6 小時降雨強度因子累積分布，累計時間 8/5/05 時~8/10/06 時。

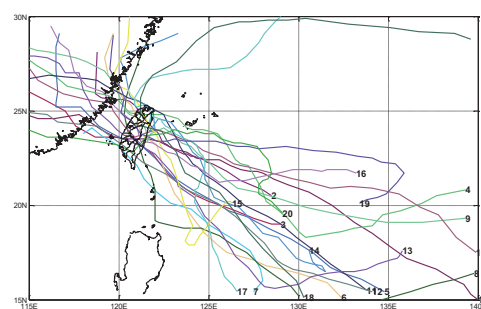


圖 3. 高屏溪流域 6 小時降雨強度因子累積前 20 名路徑分布。圖中編號與表 1 編號相同。

三.高屏溪流域颱風特性分析

分析表 1 內 20 個颱風個案，發現多數個案在高屏溪流域內都造成程度不一的災情。例如：2010 凡那比颱風、2009 莫拉克颱風以及 2005 年海棠颱風等，顯見降雨強度因子可有效反應出個案降雨與災害的關聯性。分析表 1 的年際變化，2003 年後的颱風明顯較以前增多；侵台月份以 7、8 月為主，所佔比列分別為 40%(8/20) 與 35%(7/20)，其次為 9 月的 20%以及 10 月的 5%；強度分類方面，強烈颱風與中度颱風各佔 40%，輕度颱風佔 20%；路徑部分則以路徑 3 為最(50%)、路徑 2 居次(35%)、路徑 4(10%)、路徑 6(5%)。

由上述分析了解，過去近 20 年(1992-2010)高屏溪流域 6 小時累計降雨強度因子前 20 名的颱風，強度以強烈與中度為主，路徑則是以路徑 2 與路徑 3 為主。Cheung et al.(2008)指出由於台灣獨特的地形環境，颱風降雨分布與颱風所在位置以及颱風環流與地形交互作用相關。為了解表 1 颱風個案侵台期間，高屏溪流域降下極端大雨與颱風中心所在位置的關係，採用日本氣象廳內插至 1 小時的路徑資

料，以高屏溪流域日雨量 600 毫米為標準，統計表 1 颱風滿足上述日雨量標準時颱風中心所在之經緯度次數(解析度設定為 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$)。結果(圖 4)顯示，當颱風登入花蓮前後以及颱風出海後都是較容易造成高屏溪流域降下極端大雨的颱風中心位置。為了解颱風在上述位置與高屏溪流域降下極端大雨的相對關係，依照表 1 颱風路徑所在位置，合成其相對應的雷達回波圖。由圖 5 發現，當颱風中心位在上述高屏溪流域極端大雨好發處時，台灣海峽都有明顯的對流發展並移進高屏溪流域，在高屏溪流域山區地形上的回波也有明顯被加強的現象。推斷主因為颱風所在的位置其環流與地形交互作用後，加強回波以及降雨強度。

表 1. 高屏溪流域 6 小時降雨強度因子累積前 20 名。

	年份	名稱	路徑	強度
1	1992	歐瑪	3	中度
2	1992	寶莉	3	中度
3	1994	凱特琳	3	中度
4	1996	賀伯	2	強烈
5	2000	碧利斯	3	輕度
6	2001	桃芝	3	中度
7	2003	莫拉克	4	輕度
8	2004	敏督利	6	輕度
9	2005	海棠	3	中度
10	2005	泰利	3	中度
11	2006	碧利斯	2	強烈
12	2006	凱米	3	中度
13	2007	聖帕	3	中度
14	2007	科羅莎	2	強烈
15	2008	卡玫基	2	強烈
16	2008	鳳凰	2	強烈
17	2008	辛樂克	2	強烈

18	2008	薔蜜	2	強烈
19	2009	莫拉克	3	強烈
20	2010	凡那比	4	輕度

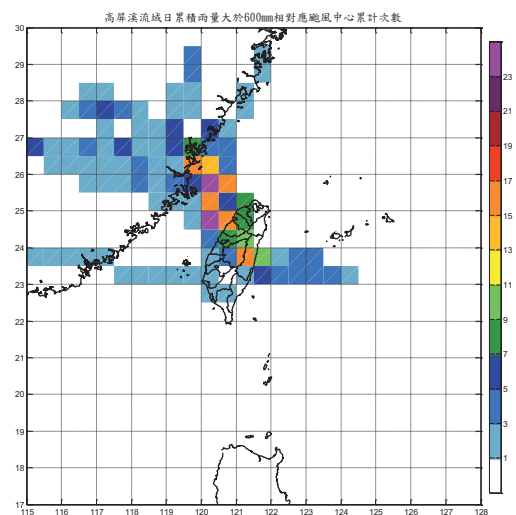


圖 4. 高屏溪流域日累積雨量超過 600 毫米相對應颱風中心位置累計次數。

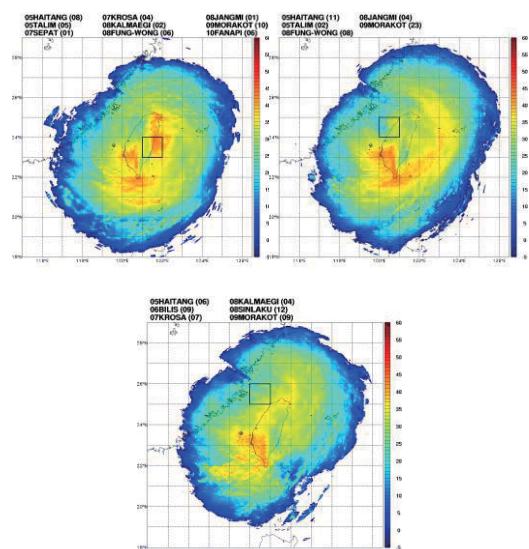


圖 5. 颱風中心位置與雷達回波合成平均圖。黑框表示颱風中心所在之位置(解析度 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$)。颱風名後的數字表該合成圖使用該颱風之雷達回波資料筆數。

四. 初步結論與未來工作

颱風是台灣常見且易造成嚴重災

害的天氣系統。由過去許多災害案例發現，山區降雨強度的增強是觸發災害發生的重要因子。本研究利用過去侵台的歷史颱風個案，分析全台時雨量強度大於 40 毫米的發生頻率的分布發現，過去 19 年(1992-2010) 颱風侵台時高屏溪流域山區是發生強降雨的熱區。本研究建立了一個降雨強度因子 I ，透過雨量強度的權重(越接近歷史極大值，權重越高；反之越接近門檻值權重越低；小於門檻值則權重為 0)，強化高屏溪的強降雨訊號。藉由此強化強降雨的訊號作為分析個案選取的依據，選取的個案也與過去在高屏溪流域內致災的個案相符。統計分析選取的 20 個颱風個案發現，易在高屏溪流域內發生極端降雨的颱風個案以強烈以及中度颱風居多，分別各佔 40%；路徑方面已路徑 3 為最多(50%)；路徑 2 居次(35%)。分析高屏溪流域發生極端降雨與颱風中心所在位置的關係，發現當颱風中心登陸花蓮前後以及颱風中心出海後，都是高屏溪流域易發生極端降雨的颱風中心位置。透過雷達資料的合成也發現，當颱風位在上述位置時，颱風外圍環流與地形有明顯的交互作用，高屏山區的回波都明顯受地形影響而增強。

Lin et al. (2001) 分析東亞地區地形降雨的颱風個案發現，低層噴流(LLJ)與高對流可用位能(CAPE)是兩個相當重要的環境因子；另外系統移速也是降雨量增加另一個重要因子(Chien and Kuo; 2011)。未來將使用 EC 1°x1°的再分析資料，分析表 1 個案的環境場特性並探討其與地形降雨的關係。Houze(1998)將地形降雨的物理機制分為 8 類，鄭(2006)透過雷達回波、

風場、探空等資料嘗試探討象神颱風(2000)年於北部大屯山以及雪山山脈地形降雨的物理機制，未來也將針對高屏溪地形降雨的個案，探討其地形降雨的物理機制。鄭(2006)同時也線性回歸分析出 Frude Number 與強回波發生位置的關係，本研究也將針對高屏溪流域嘗試建立此關係，以利未來颱風強降雨監測以及防減災之用。

五. 參考文獻

- 鄭凌文，2006:北台灣地形對颱風降水分布及強度之影響：象神颱風雷達觀測研究。中國文化大學地學研究所大氣科學組碩士論文，71 頁。
- Cheung, K. K. W., L.-R., Huang, and C.-S. Lee, 2008: Characteristics of rainfall during tropical cyclone periods in Taiwan. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **8**, 1463-1474.
- Chien, F.-C., and H.-C. Kuo, 2011: On the extreme rainfall of Typhoon Morakot (2009). *J. Geophys. Res.*, **116**, D05104.
- Ge, X., T. Li, and M. Peng, 2010: What causes the extremely heavy rainfall in Taiwan during Typhoon Morakot(2009)? *Atmos. Sci. Let.*, **11**, 46-50.
- Lin, Y.-L., S. Chiao, T.-A. Wang, M. L. Kaplan, and R. P. Weglarz, 2001: Some common ingredients for heavy orographic rainfall. *Wea. Forecasting.*, **16**, 633-660.
- Kuo, Y.-H., and G. T.-J. Chen, 1990: The Taiwan area mesoscale experiment (TAMEX): An

overview . *Bull. Amer. Meteor. Soc.*,
71, 488-503.

World bank, 2005 : Natural Disaster
Hotspots: A Global Risk Analysis.