

台灣西行颱風降雨與大氣低層水氣傳送關聯性之個案研究

王安翔 吳宜昭 于宜強

國家災害防救科技中心

摘要

本研究分析 1992-2013 年 6 至 8 月 24 小時累積降雨超過 600mm 之襲臺颱風事件，共計 50 個個案，根據低層水氣來源分類顯示，襲臺致災颱風主要有兩類：(1) 季風環流水氣通量和颱風本體水氣通量皆少者，佔 40%；(2) 季風環流水氣通量和颱風本體水氣通量皆多者，佔 30%。而颱風移動路徑顯示，以路徑 3 最多，路徑 2 次之，兩者佔 58%；此表示路徑 2 與 3 之颱風易造成較大雨勢發生。選取 3 個西行中度颱風進行低層水氣通量與颱風襲臺期間之降雨關聯性分析顯示，當中南半島、南海及菲律賓存在有高水氣通量時，且此水氣通量延伸至颱風環流內，由低門檻值之相當水體量分析顯示，颱風降雨量較多。

一、 前言

每年 7-9 月是台灣颱風季，也是亞洲夏季季風盛行時期。在 2004 年敏督利颱風之外圍環流與來自南海北部潮濕的西南氣流在台灣西南部外海輻合後，形成中尺度對流系統不斷移入台灣西南部地區(Chien et al., 2008)，造成西南部地區嚴重災情。而 2009 年莫拉克颱風重創台灣西南部地區，周等(2010)由南海地區低層水氣通量分析，發現莫拉克颱風生成期間，在南海地區低層水氣通量強度為有史以來最強的一年，此環境提供莫拉克颱風襲台時，有充沛的水氣發展降雨系統，導致西南部地區發生持續且劇烈降雨。朱等(2010)分析 1960-2009 年颱風降雨顯示，亞洲夏季季風在南海南部與中南半島附近之低層大氣水氣通量和襲台颱風之總累積降雨有貢獻。而西南氣流或亞洲夏季季風環流對於襲臺颱風之豪雨的產生有決定性的影響(林與徐，1988)。

由上述研究顯示，西南氣流或亞洲夏季季風環流對於襲臺颱風之降雨有所影響。因此，本研究試圖建立襲臺颱風登陸時東亞地區之低層水氣通量多寡與台灣地區降雨之關聯性，做為未來在颱風侵襲前之早期預警應用參考。

二、 資料來源與分析方法

在個案選取方面，先使用中央氣象局 1992-2013 年地面雨量站觀測資料進行 6 至 8 月颱風侵襲期間之雨量分析，從雨量觀測資料篩選出 24 小時累積降雨達 600mm 以上之事件。而襲臺颱風影響期間以颱風中心接近臺灣和出海後距離臺灣陸地 100km 之時間點，定義為影響的起訖時間。

在低層水氣通量計算部分參考 Chang and Chen (1995)之分析方式以 850 hPa 層為主。網格資料使用 1992-2013 年 NCEP/NCAR Reanalysis I (Kalnay et al., 1996) 的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 日平均網格再分析資料進行計算。計算方式如式 1 所示；式中 Mf 表水氣通量 ($\text{g kg}^{-1} \text{ m s}^{-1}$)， q 為比濕 (g kg^{-1})， v 表風速 (m s^{-1})。

$$Mf = q \cdot v \quad (1)$$

將達到上述雨量標準之個案進行平均水氣通量分析(圖未示)，其結果做為定義不同水氣來源範圍使用，而水氣來源分為二區：(1) 上游季風環流之水氣通量區(簡稱季風環流水氣通量)為圖 1a 中之區域 1(中南半島)和區域 2(菲律賓附近)；(2) 颱風本體水氣通量為圖 1a 中之區域 3(台灣鄰近地區)和區域 4(日韓附近)；

個案之整體水氣通量為前述二者之總和。而由項(1)與項(2)之多寡，可將個案水氣通量分為 4 類，如表 2 所示。另外，為了比較個案間差異性，使用中央氣象局颱風資料庫資料進行比對，例如：侵臺路徑分類、近臺強度及近臺中心最大風速等，如表 1 所示。

在評估颱風降雨量多寡方面，除了考量颱風襲臺時間之長短，採平均降雨進行分析。另外，也考慮觀測雨量站空間分布不均問題，故使用雷達-雨量站整合降雨估計網格資料(林等，2006；空間解析度 $1.3 \times 1.3\text{km}$ ，時間解析度 1 小時)進行襲臺期間之平均雨量計算，並採相當水體的概念做為降雨量評估。式 2 為相當水體計算方式，其中降雨門檻值設定，說明如下，(1)低降雨門檻值：平均雨量大於 10mm h^{-1} ，(2)高降雨門檻值：平均雨量大於 30mm h^{-1} ；並計算達到此標準之網格數和平均降雨值。最後，由式 2 求得平均相當水體。

$$\text{平均相當水體}(\text{km}^2 \text{ mm h}^{-1}) = \frac{\text{達到降雨門檻值之網格數量}}{\text{網格平均降水量}} \times \text{網格平均降雨值} \quad (2)$$

三、 分析結果

由雨量觀測分析顯示，從 1992-2013 年 6 至 8 月 24 小時累積雨量達到 600mm 以上之襲台颱風共計有 50 個個案，其侵襲移動路徑統計顯示(圖 2)，路徑 3 之個案數最多，路徑 2 次之，兩者佔 58%；表示路徑 2 與 3 之颱風易造成較大雨勢發生。

從水氣通量來源分類分析顯示(表 2)，第三類為最多，共有 20 個，其次為第一類，共有 15 個，第二和第四類分別有 7 和 8 個個案。此表示襲臺致災颱風主要有兩類：(1) 季風環流水氣通量和颱風本體水氣通量皆少者，佔 40%；(2) 季風環流水氣通量和颱風本體水氣通量皆多者，佔 30%。

由上述分析結果選取 3 場西行中度颱風個案進行襲台期間之低層水氣通量分布與相當水體量分析，所選取的颱風分別是 2007 年

聖帕(第三類)、2008 年鳳凰(第二類)，以及 2012 年蘇拉颱風(第一類)。

圖 1 為所選取 3 場西行颱風襲臺期間之低層水氣通量日平均分布顯示(圖 1a 至 c)，聖帕與鳳凰颱風處於季風環流水氣較少之環境中，但颱風本體具有較多水氣通量存在。而蘇拉颱風處於季風環流水氣較多的環境(圖 1c)，可見到低層高水氣通量從中南半島經菲律賓延伸至颱風環流內。圖 3 為 50 個個案之季風環流與颱風本體水氣通量散佈圖，而所選取的 3 個案在襲台(登陸)期間，整體而言颱風出海後整體水氣通量為減少的趨勢。

在襲臺期間之平均累積降雨分布顯示(圖 4a 至 c)，聖帕颱風降雨主要分布於東部地區，且平均雨量大於 30mm h^{-1} 之分布範圍為最大。鳳凰颱風主要降雨發生在東半部地區，西南部地區次之，而蘇拉颱風則在東部與西部皆有明顯之降雨發生，較強降雨發生在中部山區，平均雨量大於 10mm h^{-1} 之分布範圍為最大。在低和高降雨門檻值之相當水體分析如表 1 所示，在低降雨門檻值相當水體分析以蘇拉颱風最高，高門檻值則為聖帕颱風最高，此兩颱風最大的差異點在於季風環流水氣通量的多寡。

四、 討論與結論

圖 5 為整體水氣通量與相當水體分析之示意圖，在颱風侵襲歷程中，在襲臺登陸時，都有較高的相當水體值。值得注意的是聖帕颱風的水氣條件不如鳳凰颱風，但其相當水體值卻大於鳳凰颱風。此兩颱風之移動路徑相似，唯在聖帕颱風之近臺最大風速高達 53 ms^{-1} ，較鳳凰颱風為高。從平均降雨分布也可見到聖帕颱風高值降雨分布範圍較鳳凰颱風為大，此是否與聖帕颱風伴隨之強風與地形交互作用造成降雨量較高，未來可進一步研究。

圖 6 和圖 7 分別為 2004 年敏督利和 2009 年莫拉克颱風低層日平均水氣通量分布，所選取之時間皆為台灣地區發生劇烈降雨時。可以

見到莫拉克颱風所伴隨之季風環流水氣通量相較於敏督利颱風為強，且分布範圍廣，這與蘇拉颱風之情況類似，唯蘇拉颱風伴隨之季風環流水氣通量強度不如莫拉克颱風。Chien et al.(2008) 認為敏督利颱風之外圍環流與來自南海北部潮濕的西南氣流在台灣西南部外海輻合後，形成中尺度對流系統不斷移入造成台灣西南部劇烈降雨。由前述，顯示大尺度季風環流水氣通量多寡應可影響颱風降雨量。

本研究選取 1992-2013 年 6 至 8 月 24 小時累積降雨超過 600 毫米之襲臺颱風事件，進行個案路徑分類，並對於襲台期間之低層水氣通量分為季風環流與颱風本體進行比較，選取 3 個西行襲台之中度颱風個案進行水氣通量與颱風襲臺期間平均累積降雨分析。重要結果如下所列：

1. 24 小時累積降雨達 600mm 以上之颱風移動路徑主要以路徑 3 為主，路徑 2 次之，兩者共佔 58%；表示路徑 2 與 3 之颱風易造成較大雨勢發生。
2. 由低層水氣通量分析顯示，襲臺致災颱風主要有兩類：(1) 季風環流水氣通量和颱風本體水氣通量皆少者，佔 40%；(2) 季風環流水氣通量和颱風本體水氣通量皆多者，佔 30%。
3. 選取 3 個西行中度颱風進行低層水氣通量與颱風襲臺期間之降雨關聯性分析顯示，當中南半島、南海及菲律賓存在有高水氣通量時，且此水氣通量延伸至颱風環流內，由低降雨門檻之相當水體量分析顯示，颱風降雨量較多，表示季風環流所挾帶之水氣對於襲臺颱風之降雨多寡應有所影響。

由過去研究中顯示，造成颱風劇烈降雨的氣象因子非常多且複雜。本研究著眼於探討颱風本體水氣和季風提供水氣多寡，以及降雨量之關聯性，因僅選取 3 場颱風事件進行初步探討。未來，預計增加分析個案數，以釐清低層

水氣通量與颱風侵襲期間之降雨關聯性。

參考文獻

- 朱吟晨、吳宜昭、林李耀，2010：低層大氣水氣通量對颱風降雨的影響。2010 年中央氣象局天氣分析與預報研討會暨美華海洋大氣學會第五屆國際海洋大氣研討會，台北。
- 林李耀、王安翔、黃麗蓉、張智昌、林聖琪、李清勝及周仲島，2006：雷達雨量資料在降水估計之初步分析。2006 年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編。台北。
- 林雨我和徐晉淮，1988：侵襲臺灣颱風之降雨分析研究。氣象學報，34，196-215。
- 周仲島、李清勝、鄭明典、鳳雷及于宜強，2010：莫拉克颱風綜觀環境與降雨特徵分析。行政院國家科學委員會莫拉克颱風科學報告，1-26。
- Chang, C. -P. and G. T. -J. Chen, 1995: Tropical circulations associated with southwest monsoon onset and westerly surges over the South China Sea. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 3254-3267.
- Chien, F. -C., Y. -C. Liu, and C. -S. Lee, 2008: Heavy rainfall and southwesterly flow after the leaving of typhoon Mindulle (2004) from Taiwan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 86, 17-41.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-472.

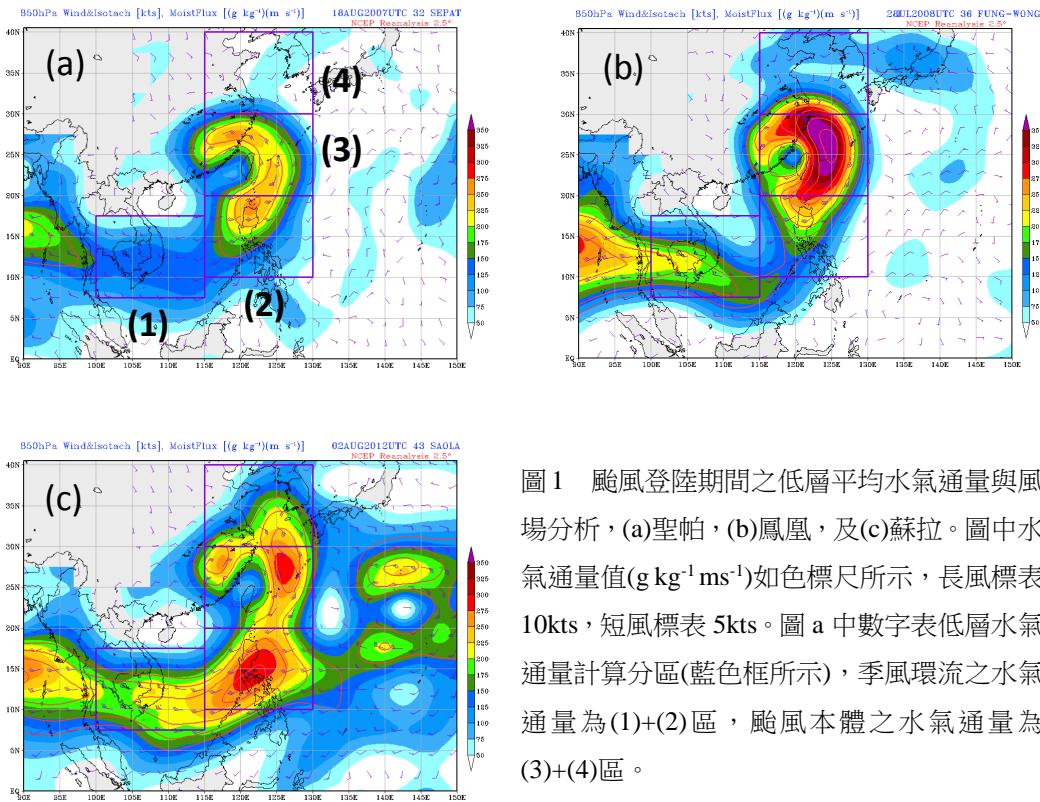


圖 1 颱風登陸期間之低層平均水氣通量與風場分析，(a)聖帕，(b)鳳凰，及(c)蘇拉。圖中水氣通量值($\text{g kg}^{-1} \text{ms}^{-1}$)如色標尺所示，長風標表 10kts，短風標表 5kts。圖 a 中數字表低層水氣通量計算分區(藍色框所示)，季風環流之水氣通量為(1)+(2)區，颱風本體之水氣通量為(3)+(4)區。

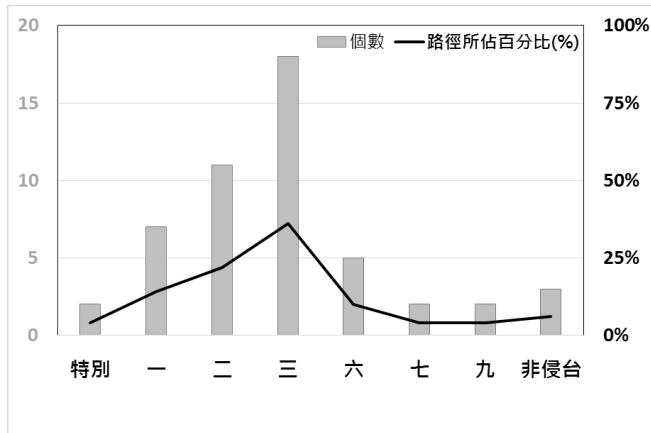


圖 2 24 小時累積降雨大於 600 毫米之襲台颱風路徑次數統計，橫軸表颱風路徑分類，左軸(灰色主體圖)表路徑次數，右軸(黑色實線)表路徑所佔比例(%)。

表 1 颱風個案之特性、相當水體及低層水氣通量分析

	強度	路徑	近臺最大風速	相當水體		低層水氣通量	
				低門檻值	高門檻值	季風環流	颱風本體
聖帕	中	3	53	1.6	0.5	少	少
鳳凰	中	3	43	1.2	0.2	少	多
蘇拉	中	2	38	2.3	0.4	多	多

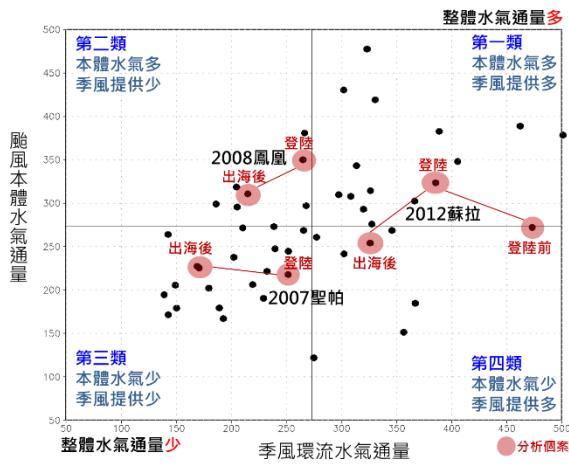


圖 3 24 小時累積降雨達 600mm 以上個案之整體水氣通量分析散佈圖，圖中黑點為 50 個個案之颱風本體與季風環流水氣通量值。橫軸為季風環流水氣通量，縱軸為颱風本體水氣通量，單位 $\text{g kg}^{-1} \text{m s}^{-1}$ 。

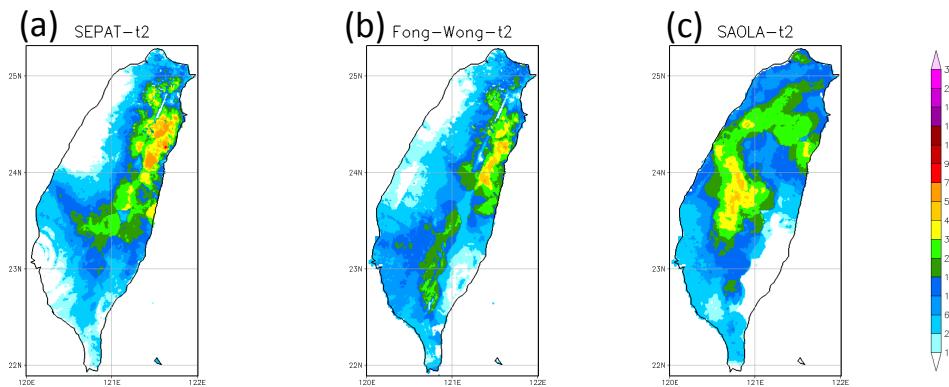


圖 4 颱風襲台期間之平均累積降雨分布，(a)聖帕，(b)鳳凰，及(c)蘇拉，圖中平均雨量值如色標尺所示，單位 mm h^{-1} 。

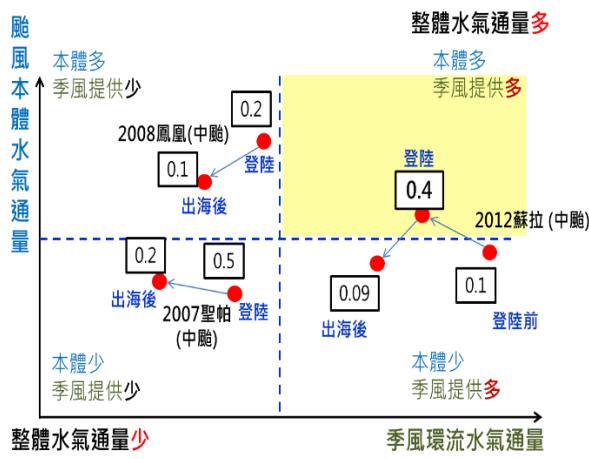


圖 5 西行中度颱風個案之低層水氣通量與相當水體分析結果示意圖，圖中數值為高門檻值之相當水體量($10^5 \text{ km}^2 \text{ mm h}^{-1}$)，黃色區域表季風環流和颱風本體水氣皆多的環境狀態。

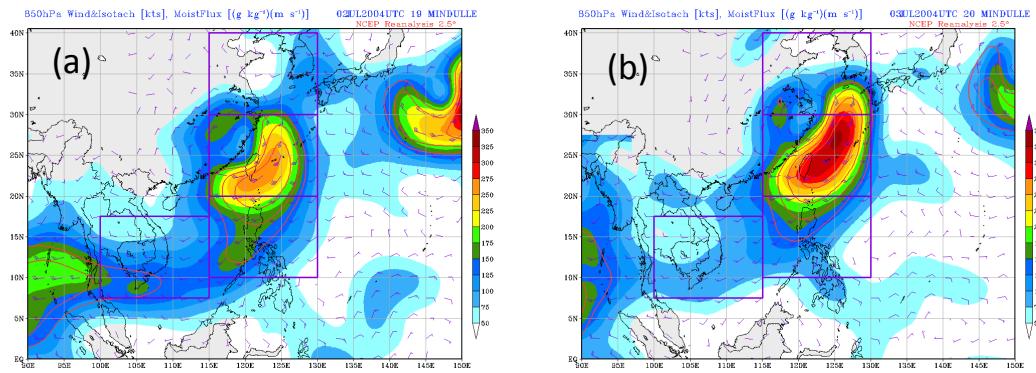


圖 6 2004 年敏督利颱風之低層平均水氣通量與風場分析，(a)7 月 2 日，(b)7 月 3 日。圖中水氣通量值($\text{g kg}^{-1} \text{ms}^{-1}$)如色標尺所示，長風標表 10kts，短風標表 5kts。

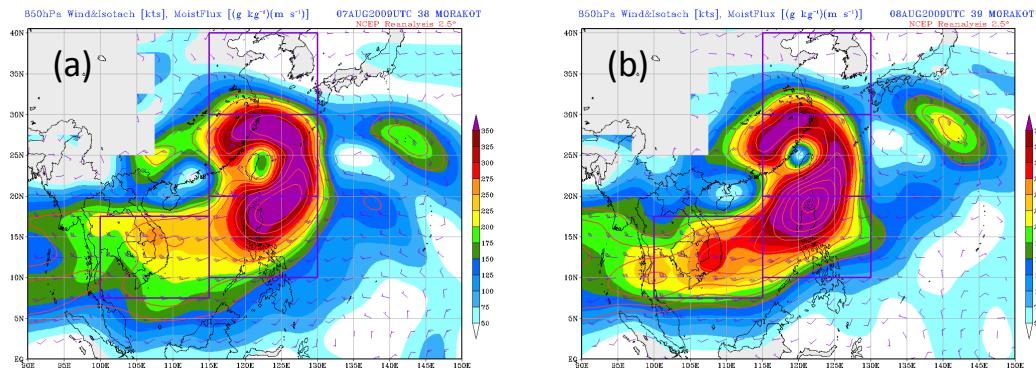


圖 7 同圖 6，但為 2009 年莫拉克颱風，(a)8 月 7 日，(b)8 月 8 日。

表 2 24 小時累積雨量大於 600mm 之颱風個案水氣通量分類表與百分率統計

類別	季風環流水氣量	颱風本體水氣量	個案數(%)
一	多	多	15(30%)
二	少	多	7(14%)
三	少	少	20(40%)
四	多	少	8(16%)