

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

最佳(鄉土)教材獎

040511

防颱最前線

—颱風在台東的劇烈降雨分析與應用

學校名稱：國立臺東女子高級中學

作者： 高一 曾詩雅 高一 傅意芸	指導老師： 吳誠正
-------------------------	--------------

關鍵詞：颱風、劇烈降雨、颱風路徑

摘要

為減低颱風災害，及避免莫拉克颱風造成兩名員警在太麻里殉職悲劇再發生，本文嘗試以氣候統計，並統整颱風預報的數值法、類比法等，來建立台東縣颱風防災應變決策作業程序。分析近十年颱風資料後，我們發現，除颱風本身外，地形效應、西南氣流、或引進的南方雲系也會帶來較大降雨。尤其是路徑 3 的颱風(穿越台灣中部地區) 常為大武地區帶來較大降雨，如：莫拉克颱風高達 1216.0 毫米。

將氣候統計分析所得，應用在防災應變決策作業上，我們認為，可依數值預報路徑，就本研究所知可能出現劇烈降雨區域進行警戒守視(氣候法及類比法應用)，再利用衛星及雷達即時資訊修訂警戒區域，以爭取應變前置作業時間，避免在風雨中進行疏散安置，降低救災困難及風險。

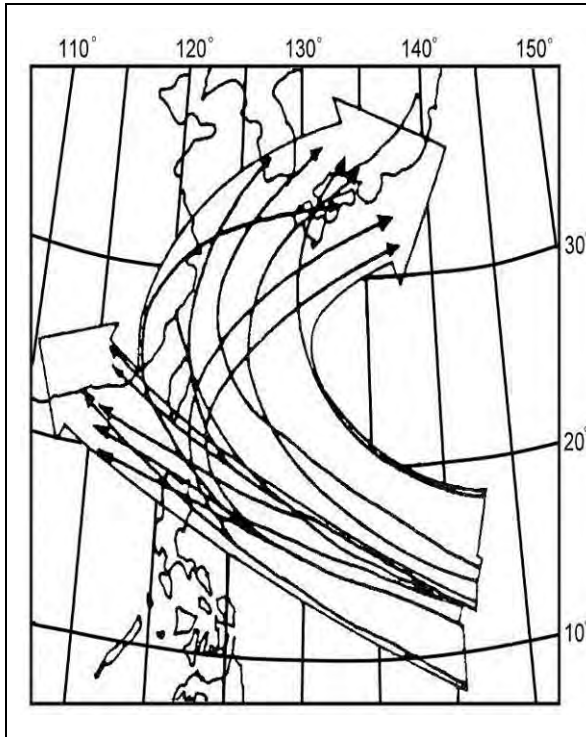
壹、研究動機

台灣位在西北太平洋颱風移動的路徑上(中央氣象局，2012)，由颱風路徑分類統計(台灣氣候變遷推估與資訊平台計畫，2012)，有超過 60%的颱風登陸或行經台東附近；加上台東地區山勢陡峭、河川溪流密布及地質特性，導致台東地區的土石流潛勢溪流高達 165 條(土石流防災資訊網，2012)，數量之多僅次於新北市及南投縣，是全台第三多；另由台東淹水潛勢模擬結果顯示，當一日暴雨量達到 200.0 毫米時，便容易在台東的一些平原、低窪處，或者在河川出海口地區造成淹水現象(經濟部水利署防災資訊網，2012)。所以，台東地區對於颱風的防災需求相對台灣其他地區來說是相當高的。

過去幾年如 2005 年海棠、2009 年莫拉克、及 2012 年天秤等颱風都對台東造成重大災害，尤其莫拉克颱風最讓我們留下深刻印象，因不單是傷害規模之大，監察委員的調查，及所衍伸出來的中央氣象局颱風預報及災害應變中心的應變作為等課題(監察院，2009)，在在都讓我們想知道颱風所引發災害的原因、相關的颱風預報作業(中央氣象局，2013)與防災應變等相關知識。而我們也透過此研究與學校課程連結(表一)，增進學習效果：

表一 相關學習課程一覽表

出版社	章 節 名 稱	備考
南一版	4-2 大氣變化雨水循環(水循環與雲雨、氣壓與風)	上冊
	4-3 大氣系統與變化(鋒面結構雨鋒面天氣)	
	7-1 氣象災害(颱風的結構與影響、颱風災害)	
	7-3 山崩與土石流災害(各種山崩類型的災害實例)	
全華版	3-1 氣象觀測、3-2 氣象預報、3-3 成雲致雨、3-4 大氣運動	下冊
	6-1 遙感探測、6-2 太空遙測的運用	



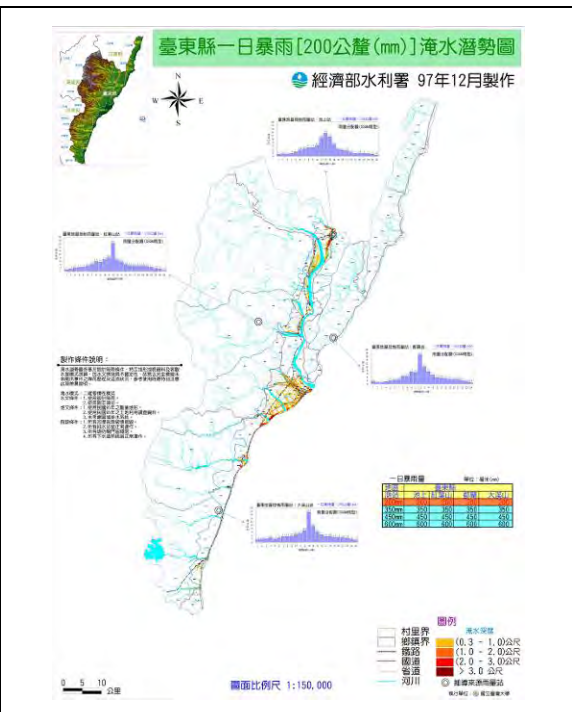
圖一 西北太平洋颱風移動路徑圖
(中央氣象局，2012)



圖二 臺灣地區颱風路徑分類圖
(台灣氣候變遷推估與資訊平台計畫，2012)



圖三 全國土石流潛勢溪流分布圖
(土石流防災資訊網，2012)



圖四 台東縣一日暴雨淹水潛勢圖
(經濟部水利署防災資訊網，2012)

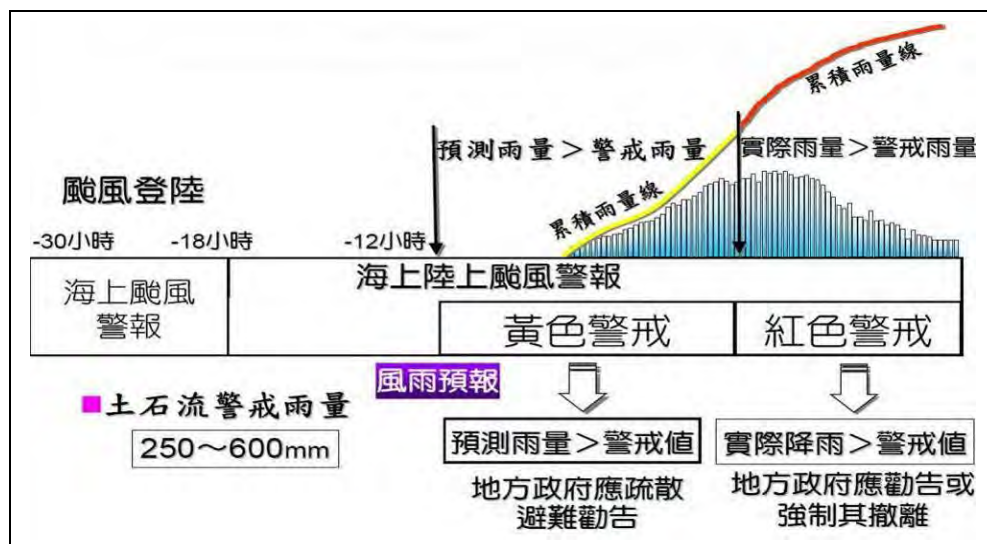
貳、研究目的

颱風的路徑預報有外延法、駛流法、氣候法、類比法、迴歸法及數值法等，一般來說，颱風中心距離台灣在 36 至 48 小時以上的預報(此時，颱風位在寬闊洋面上)，數值模式的模擬結果已能相當準確地提供預報資訊，但在 24 至 36 小時以內的預報，由於臺灣地形與颱風環流間的交互作用相當複雜，數值模擬便容易產生較大誤差，也因此防災應用上，有其困難度(聯合晚報，2010)，也增添決策風險，這也是中央氣象局及防災單位常挨罵的原因(中國時報，2009)，嚴重時甚至遭受監察院糾正與調查(監察院，2009)。

由颱風警報發布時機、防颱警戒發布、疏散避難作業程序(土石流防災資訊網，2012)及防災相關單位應變時機(說明如表二)可知，24 至 36 小時以內警報期間可說是防災決策上最關鍵時期，任何防災上的誤判都有可能造成無法彌補的傷害與遺憾。

為減低防災決策風險(自由時報，2010)，我們嘗試統整數值法(以電腦進行模擬演算)、類比法(尋找過去類似個案)及氣候法(過去資料統計分析)等方式，來建立台東縣颱風防災應變決策作業程序。所以，本研究目的在瞭解：

- 一、台東地區的颱風降雨特徵。
- 二、颱風路徑對於降雨分布的影響。
- 三、颱風造成台東地區劇烈降雨的原因。
- 四、如何應用這些降雨特徵建立防災應變決策程序。



圖六 防颱警戒發布與疏散避難作業程序圖(土石流防災資訊網，2012)

1. 海上颱風警報：預測 24 小時內颱風暴風範圍可能侵襲台灣或金門、馬祖 100 公里海域。
2. 海上陸上颱風警報：預測 18 小時內颱風暴風範圍可能侵襲台灣或金門、馬祖陸上。
3. 解除颱風警報：當颱風的七級風暴風範圍離開台灣或金門、馬祖陸地，但仍未離 100 公里近海時，改發海上颱風警報，如亦離開 100 公里近海時，應即發布解除颱風警報。

表二 防災相關單位應變時機

項次	災害類別	單位層級	作業時機及相關作為
一	風災 防災作業程序	中央災害應變中心	<ol style="list-style-type: none"> 1.氣象局發布<u>海上颱風警報</u>後，內政部研判有開設必要時進行二級開設； 2.氣象局發布<u>海上陸上颱風警報</u>，預測颱風暴風圈將於十八小時內接觸陸地時進行一級開設。
二	水災 防災作業程序	中央災害應變中心	<ol style="list-style-type: none"> 1.經濟部於氣象局連續發布<u>豪雨特報</u>，廿四小時累積雨量達二〇〇毫米以上，經研判有開設必要時進行二級開設； 2.氣象局發布<u>超大豪雨特報</u>且廿四小時累積雨量達三五〇毫米以上或氣象局解除海上陸上颱風警報後，仍持續發布<u>超大豪雨特報</u>，經研判有開設必要者進行一級開設。
三	水災 防災作業程序	水利署(各地河川局) (水災防災主要權責單位)	<ol style="list-style-type: none"> 1.水利署災害緊急應變小組於氣象局發布<u>豪雨特報</u>或<u>海上颱風警報</u>時進行三級開設； 2.氣象局發布<u>大豪雨特報</u>有發生水災之虞、或發布<u>海上陸上颱風警報</u>或中央災害應變中心二級開設時； 3.氣象局發布<u>超大豪雨特報</u>有發生水災之虞、氣象局發布<u>海上陸上颱風警報</u>後12小時仍未解除或中央災害應變中心一級開設時。
四	土石流 防災作業程序	農委會(各地水保局) (土石流防災主要權責單位)	<ol style="list-style-type: none"> 1.農委會災害緊急應變小組於氣象局發布<u>豪雨特報</u>或<u>海上颱風警報</u>時為三級開設； 2.氣象局發布<u>海上颱風警報</u>後，經防災中心研判有開設必要時。或已發布<u>土石流紅色警戒</u>時為二級開設； 3.氣象局發布<u>海上陸上颱風警報</u>後，或配合中央災害應變中心一級開設；

(全國法規資料庫入口網站，2011)。

註:依據中央氣象局的定義：當日雨量達 130.0 毫米時稱為豪雨；達 200.0 毫米時為大豪雨；到達 350.0 毫米以上的降雨稱為超大豪雨(經濟部水利署防災資訊網，2012)。

叁、研究設備及器材

一、個人電腦

二、使用軟體：Microsoft Excel、Microsoft PowerPoint、Microsoft Word、google map。

三、資料：中央氣象局網頁上所提供的近 10 年雨量資料(2003~2012 年)、及颱風資料庫資料(含有衛星、雷達、雨量等相關資料)。

肆、研究過程及方法

本文的研究流程如圖七所示，主要工作有台東基本資料及防災作業資料蒐集，這在瞭解台東地區的防災需求；而氣象資料的蒐集在做為氣候統計之用。氣象資料的分析主要以 Microsoft Excel 軟體進行統計、排序、繪圖等。對於雷達、衛星及雨量等資料則以時間序列排序後進行比對，來獲得劇烈降雨的時空特徵與原因，最後依據這些成果，應用於防災應變決策作業程序探討。

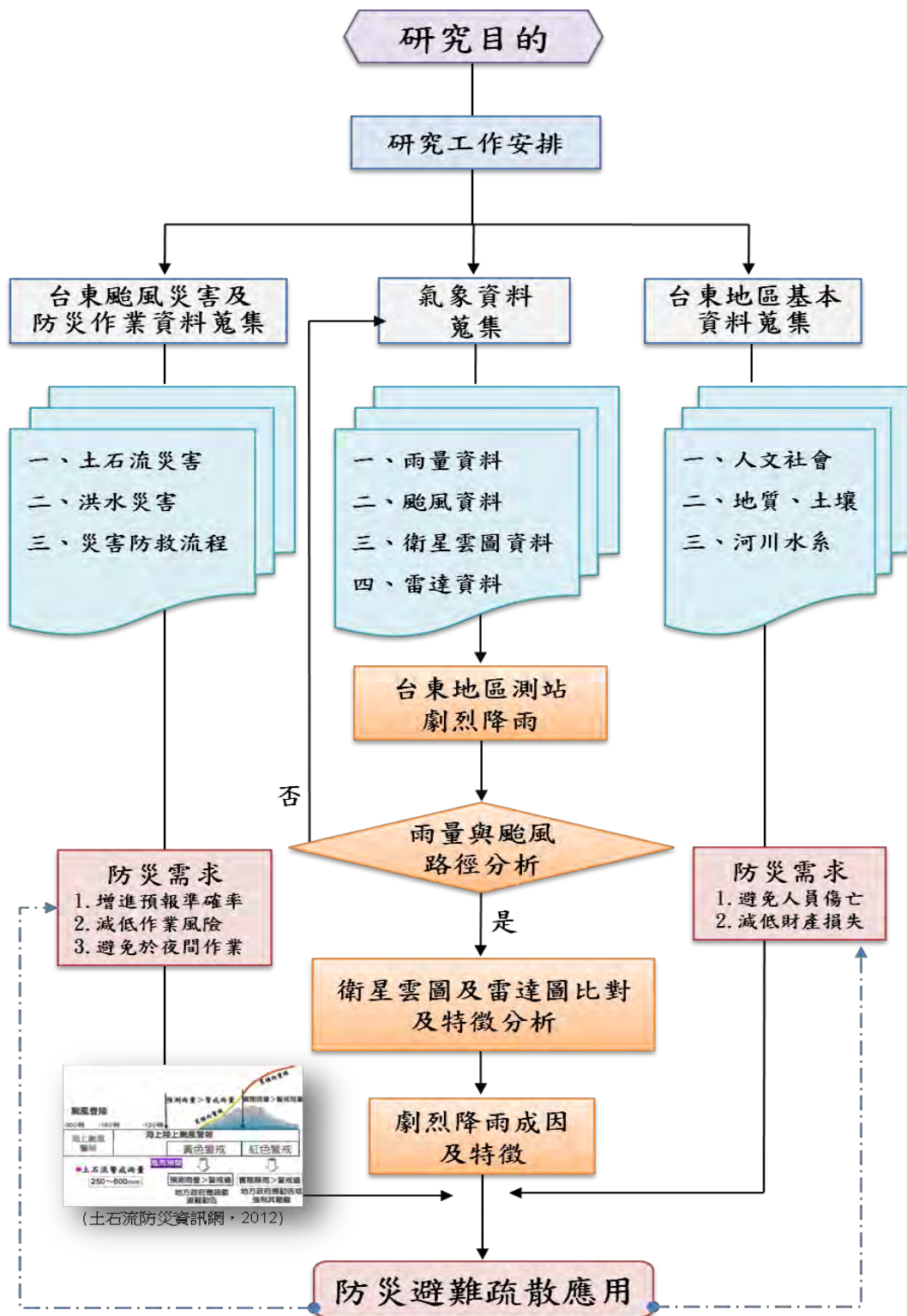
因此，我們首先會進行颱風劇烈降雨(torrential rain)的氣候統計，再以颱風路徑分類配合衛星及雷達影像資料，找出颱風接近及通過台灣時台東地區降雨時空特徵，來建立路徑類比法模式，最後探討在實務上如何將數值預報路徑結合類比法，來建立防災應變決策作業程序。

本研究所設定的劇烈降雨(torrential rain)是指日雨量達毫米程度以上的降雨。防災標準雨量是指日雨量大於 200.0 毫米的降雨，因當雨量達此標準時，台東縣的防災單位需要進行緊急疏散安置評估及作業(以水災的一日 200.0 毫米暴雨淹水潛勢為參考)。

依據中央氣象局的颱風路徑分類，計有 10 類路徑(圖二)。其中路徑 1是通過台灣北部海面向西或西北行進；路徑 2是通過台灣北部向西或向西北行進；路徑 3通過台灣中部向西或向西北行進；路徑 4通過台灣南部陸地向西或向西北進行；路徑 5通過台灣南方海面向西或向西北行進；路徑 6是沿台灣東岸或東部海面北上；路徑 7則是經由巴士海峽後轉沿台灣西岸或台灣海峽北上；路徑 8是從南海地區，經台灣南方海面向東或向東北穿越台灣陸地的颱風；路徑 9則是從南海地區北上，經台灣海峽的颱風。路徑 10指颱風路徑呈不規則行徑。

颱風結構由中心向外依序是：颱風眼、鄰近颱風眼的眼牆、由眼牆分離外移的螺旋雨帶、及更遠離中心的外圍雨帶(圖九)，因此分析颱風在台東地區的降雨特徵，便針對眼牆、螺旋雨帶、及外圍雨帶，及由颱風所引發的西南氣流、共伴效應(與鋒面、東北季風結合)等進行瞭解。

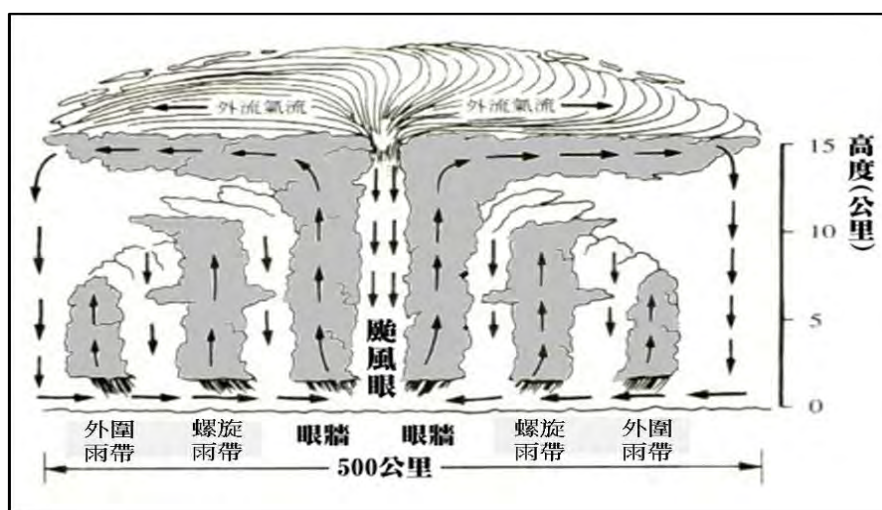
後續文中將以中央氣象局測站分別代表台東的各地理區域，如成功測站代表其鄰近地區(成功地區、或台東北部地區)、台東測站表台東市地區或台東中部地區、大武測站為大武地區或台東南部地區，蘭嶼測站為台東東邊海面地區(圖八)。



圖七 研究流程圖



圖八 中央氣象局台東地區測站位置圖
(圖面來自 google 地圖(<http://maps.google.com.tw/>))



圖九 颱風結構剖面圖
(改繪自中央氣象局氣象百問 <http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/ty008.htm>)

伍、研究結果

查詢氣象局颱風資料庫後可知，西北太平洋地區在 2003 年至 2012 年間計有 225 個颱風生成，其中發布颱風警報者有 66 個，由於防災實務上往往以實際及預測可能出現的雨量為行動依據，因此本研究將颱風影響台東期間任一測站單日累積雨量高於 130.0 毫米(豪雨標準；災害應變中心開設依據)的颱風篩選出來，如此獲得 25 個颱風的降雨統計資料(表三為各測站受颱風影響期間的總累積降雨量；表四則是單日累積雨量)。

表三 2003~2012 年颱風在台東地區產生劇烈降雨統計表 (單位：毫米)

年份	名稱	警報期間	近台強度	路徑	大武累積雨量	台東累積雨量	成功累積雨量	蘭嶼累積雨量	單日最大雨量	單日最大雨量測站
2003	莫拉克	08/02~08/04	輕度	4	481.3	358.0	262.1	318.0	232.6	大武
2003	杜鵑	08/31~09/02	中度	5	248.4	368.6	311.2	251.0	153.0	成功
2003	米勒	11/02~11/03	輕度	6	233.8	179.5	151.4	160.0	225.7	大武
2004	敏督利	06/28~07/03	中度	6	673.9	415.1	581.5	227.5	352.0	成功
2004	南瑪都	12/03~12/04	中度	8	202.5	268.4	262.0	95.5	208.5	台東市
2005	海棠	07/16~07/20	強烈	3	1029.3	207.0	160.2	117.0	564.0	大武
2005	珊瑚	08/11~08/13	輕度	--(5)	169.4	237.5	287.0	68.0	185.0	成功
2005	泰利	08/30~09/01	強烈	3	303.0	43.6	66.5	17.0	287.3	大武
2005	丹瑞	09/21~09/23	中度	--(5)	455.5	245.1	222.3	241.0	300.7	大武
2006	碧利斯	07/12~07/15	輕度	2	332.4	203.2	178.3	92.0	204.0	大武
2006	凱米	07/23~07/26	中度	3	524.1	373.9	361.8	240.0	200.2	台東市
2006	寶發	08/07~08/09	輕度	4	39.7	191.9	141.0	72.0	171.5	台東市
2007	帕布	08/06~08/08	輕度	4	44.0	58.5	113.0	157.6	150.3	蘭嶼
2007	梧提	08/08~08/09	輕度	3	720.6	250.8	161.0	271.3	219.5	大武
2007	聖帕	08/16~08/19	強烈	3	352.9	125.3	287.4	290.4	169.0	成功
2007	米塔	11/26~11/27	中度	--(8)	252.2	275.5	389.5	284.5	249.0	成功
2008	鳳凰	07/26~07/29	中度	3	282.7	95.5	172.6	56.0	163.5	大武
2008	薔蜜	09/26~09/29	強烈	2	239.1	112.7	89.8	292.0	226.4	大武
2009	莫拉克	08/05~08/10	中度	3	1216.0	140.3	174.9	148.5	808.5	大武
2009	芭瑪	10/03~10/06	中度	特殊路徑(5)	171.0	125.0	193.0	246.1	150.0	蘭嶼
2010	萊羅克	08/31~09/02	輕度	9	330.5	188.0	157.3	173.5	166.0	大武
2010	莫蘭蒂	09/09~09/10	輕度	--(9)	315.0	376.9	251.2	53.5	227.0	台東市
2011	南瑪都	08/27~08/31	強烈	4	522.0	374.0	353.7	375.2	236.5	台東市

年份	名稱	警報期間	近台強度	路徑	大武累積雨量	台東累積雨量	成功累積雨量	蘭嶼累積雨量	單日最大雨量	單日最大雨量測站
2012	泰利	06/19~06/21	輕度	9	195.0	107.6	65.1	103.2	144.0	大武
2012	天樞	08/21~08/25	中度	特殊路徑(4)	374.1	312.5	367.9	201.0	270.0	大武

註:1.累積雨量係指颱風影響期間的總累積雨量，這包括颱風警報前、警報期間、颱風警報解除後的降雨量總和。

2.各測站雨量來自颱風本身的外圍雲系、眼牆、螺旋雨帶、及颱風所引進的西南氣流、東南方雲系、與由颱風環流與東北季風或者熱帶低壓的共伴效應等。

3.為便於分析颱風路徑影響，本研究將氣象局對於路徑難以區分(以--表之)及以特殊路徑分類的颱風，重新以最可能接近的路徑來分類，如--(5)，表以路徑 5 分類；特殊路徑(8)，表以路徑 8 分類。

表四 颱風影響期間台東各測站逐日降雨(依路徑排序)資料表(單位：毫米)

年度	颱風名稱	路徑	日期	大武	台東市	成功	蘭嶼	備考
2006	碧利斯	2	7月12日	0.0	0.0	1.3	7.0	1.先前的外圍雨帶並沒有太大降雨。 2.從花蓮東部海域至台灣北部，及之後出海期間引進西南氣流，並造成台灣南部及台東南部地區的豪雨。 3.後續更引進鄰近菲律賓一帶雲系北上造成降雨。 4.路徑比蕃蜜偏北些。
			7月13日	1.9	2.7	3.0	2.0	
			7月14日	204.0	104.5	69.5	66.5	
			7月15日	23.0	14.0	38.5	13.0	
			7月16日	100.0	79.5	66.0	0.0	
2008	蕃蜜	2	7月17日	3.5	2.5	0.0	3.5	1.初期受鋒面影響造成一些降雨。 2.同碧利斯一樣向西北行過 123°E、23°N 後，對台東的影響減小。 2.從花蓮東部海域至台灣北部，及之後出海北行期間引進西南氣流，造成台灣南部及台東南部地區的豪雨。尤其對蘭嶼的影響比較大。
			9月25日	48.1	18.7	4.0	3.4	
			9月26日	18.8	38.5	7.5	0.4	
			9月27日	0.1	1.0	17.0	6.0	
			9月28日	112.6	46.5	54.0	226.4	
2005	海棠	3	9月29日	59.5	7.0	3.8	55.8	1.颱風警報初期無降雨。 2.颱風移近花蓮東方海面時 18 日開始造成台灣南部回波發展。之後再有西南氣流持續影響南部地區及台東南部地區的降雨(達三天)。 3.過山及出海時間比較久。
			9月30日	0.0	1.0	3.5	0.0	
			7月16日	0.0	0.0	0.0	0.0	
			7月17日	2.4	4.5	22.0	35.0	
			7月18日	346.5	3.0	27.0	32.0	
2005	泰利	3	7月19日	564.0	106.0	38.5	42.0	1.颱風警報初期無降雨。 2.颱風移近花蓮東方海面時，開始造成台灣南部回波發展。之後過山出海仍持續影響南部地區及台東南部地區的降雨。但因沒有引發西南氣流(移速快)，累積降雨量偏少。
			7月20日	88.7	88.0	69.5	1.0	
			7月21日	27.7	5.5	3.2	7.0	
			9月02日	13.2	1.0	22.0	0.0	
2006	凱米	3	8月30日	0.0	0.0	0.0	0.0	1.凱米路徑較偏南，因此較早有降雨，由其蘭嶼有較大雨勢。 2.接近綠島時，南部山區才開始有回波發展。 3.颱風進入中國大陸後仍不斷從菲律賓一帶雲雨北上造成降雨。
			8月31日	2.5	0.1	8.0	1.0	
			7月23日	0.0	5.0	0.0	0.0	
			7月24日	21.5	0.3	31.5	124.5	
			7月25日	108.5	67.4	88.0	42.0	
			7月26日	190.0	46.0	187.5	31.5	
2007	梧提	3	7月27日	197.3	200.2	54.5	38.0	1.梧提是接續帕布之後，由鄰近台灣的熱帶低壓發展起來。加上回波比凱米更偏南，因此警報第一天就有明顯降雨。 2.梧提颱風離開後，在菲律賓及南海一帶的熱帶低壓不斷有雲系發展，並隨西南氣流不斷北上影響台灣地區，一直到聖帕颱風形成。所以降雨時間很久。對大武的影響很久。
			7月28日	6.8	54.5	0.3	4.0	
			7月29日	0.0	0.5	0.0	0.0	
			8月08日	80.0	32.6	45.0	128.0	
			8月09日	135.5	60.7	25.0	27.0	
			8月10日	32.0	11.5	7.0	16.0	
2007	梧提	3	8月11日	73.5	1.5	1.5	9.0	1.梧提是接續帕布之後，由鄰近台灣的熱帶低壓發展起來。加上回波比凱米更偏南，因此警報第一天就有明顯降雨。 2.梧提颱風離開後，在菲律賓及南海一帶的熱帶低壓不斷有雲系發展，並隨西南氣流不斷北上影響台灣地區，一直到聖帕颱風形成。所以降雨時間很久。對大武的影響很久。
			8月12日	33.5	0.0	0.0	0.7	
			8月13日	219.5	75.5	28.0	39.5	
			8月14日	53.6	7.0	0.0	42.1	

年度	颱風名稱	路徑	日期	大武	台東市	成功	蘭嶼	備考
			8月15日	93.0	62.0	54.5	9.0	
2007	聖帕	3	8月16日	0.5	2.4	6.2	0.5	1.聖帕路徑比凱米偏北邊一些。初期雨量不多。 2.由於從熱帶低壓發展起來，早先即有回波發展而造成台東地區降雨。 3.螺旋雨帶不斷外離，帶來降雨。颱風出海後南部才有強回波出現及西南氣流影響。
			8月17日	21.4	21.7	65.5	157.5	
			8月18日	145.0	60.0	169.0	117.0	
			8月19日	66.0	11.5	43.0	3.4	
			8月20日	88.5	19.8	3.5	10.5	
			8月21日	31.5	9.9	0.2	1.5	
2008	鳳凰	3	7月26日	0.0	0.0	0.1	0.0	1.初期幾乎沒有降雨。27日螺旋雨帶影響，雨勢較大些。由於路徑低於123°E、23°N，對台東的影響仍在。 2.眼牆接觸花蓮陸地後，南部地區開始有回波發展。 3.28及29日因西南氣流有豪大雨。
			7月27日	11.2	9.0	33.9	7.5	
			7月28日	99.5	17.0	75.2	37.1	
			7月29日	163.5	61.5	62.4	6.5	
			7月30日	8.5	8.0	1.0	4.9	
2009	莫拉克	3	8月05日	1.3	0.0	3.0	0.0	1.5日及6日外圍雲系快速通過，僅零星降雨。 2.6日及7日外圍雲系(強回波)遠達臺灣海峽，且沿地形有強回波發展。 3.7日台東開始受颱風南緣及來自臺灣海峽南部地區的寬廣雲系影響有較大雨勢。 4.強降雨自7日開始至9日才結束。
			8月06日	0.0	0.05	0.4	1.0	
			8月07日	122.1	42.8	101.5	63.0	
			8月08日	808.5	68.0	53.5	69.8	
			8月09日	260.5	29.5	16.0	7.6	
			8月10日	16.8	0.0	0.5	5.0	
			8月11日	6.3	0.0	0.0	2.1	
2003	莫拉克	4	8月02日	0.0	0.0	0.0	0.5	1.初期幾乎沒有降雨。3日受螺旋雨帶及眼牆影響，有強降雨。 2.南部地區沒有明顯強回波發展。 3.5日因西南氣流影響有大雨。
			8月03日	190.2	208.5	125.1	141.5	
			8月04日	232.6	131.5	123.2	82.0	
			8月05日	58.5	18.0	13.8	94.0	
2006	寶發	4	8月07日	0.0	0.0	0.0	0.0	1.初期沒有降雨。9日受螺旋雨帶及眼牆登陸影響，造成大降雨。尤其是台東市。 2.因移速快，南部地區沒有明顯回波發展。也沒有引進西南氣流。
			8月08日	0.0	20.4	64.0	15.5	
			8月09日	39.7	171.5	77.0	54.5	
			8月10日	0.0	0.0	0.0	2.0	
2007	帕布	4	8月06日	0.0	0.0	0.0	7.3	7日受螺旋雨帶及眼牆登陸影響，造成大降雨。尤其是蘭嶼。因移速快後續無降雨。
			8月07日	44.0	58.5	113.0	150.3	
2011	南瑪都	4	8月26日	0.6	0.5	5.3	1.0	1.初期外圍雨帶有零星降雨。接著螺旋雨帶有較大降雨 2.28日及29日受螺旋雨帶、眼牆登陸及西南氣流影響，造成大降雨。影響範圍較全面性。 3.西南氣流到31日才結束，影響時間很久。
			8月27日	55.0	39.0	67.0	79.8	
			8月28日	197.0	236.5	181.0	96.6	
			8月29日	119.5	58.5	89.3	78.7	
			8月30日	98.5	30.5	9.1	75.8	
			8月31日	51.4	9.0	2.0	42.7	
2012	天秤	4	8月21日	0.5	0.0	0.0	0.0	1.初期幾乎沒有降雨。23日受螺旋雨帶及眼牆影響，有強降雨。 2.南部地區沒有明顯強回波發展。 3.5日因西南氣流影響有大雨。
			8月22日	0.0	0.0	0.0	0.0	
			8月23日	12.1	40.6	84.0	100.5	
			8月24日	270.0	221.5	246.7	84.5	
			8月25日	91.5	50.4	37.2	16.0	
2003	杜鵑	5	8月30日	0.0	0.0	0.0	1.0	1.初期外圍雨帶有零星降雨。接著螺旋雨帶有較大降雨。 2.1日及2日受螺旋雨帶、眼牆及東南雲雨帶影響，造成大降雨。 3.東南雲雨後續影響很久。 4.杜鵑颱風算是受颱風影響期程最長的颱風，計有9天。
			8月31日	0.05	0.05	0.2	9.0	
			9月01日	43.00	75.5	72	67.5	
			9月02日	51.50	146.0	153.0	133.0	
			9月03日	104.80	142.0	86.0	15.0	
			9月04日	10.10	5.0	0.0	9.5	
			9月05日	13.70	0.0	0.0	5.5	
			9月06日	24.50	0.0	0.0	0.0	
2005	珊瑚	5	8月11日	0.0	0.5	13.5	4.0	1.由於珊瑚颱風的外圍雲系很廣，初期就有降雨。 2.12日受螺旋雨帶及西南氣流影響，有較大降雨。
			8月12日	124.0	142.0	185.0	45.0	
			8月13日	29.7	82.5	76.5	1.0	
			8月14日	7.5	11.5	5.0	2.5	

年度	颱風名稱	路徑	日期	大武	台東市	成功	蘭嶼	備考
			8月15日	8.2	1.0	7.0	15.5	3.西南氣流後續影響很久。
2005	丹瑞	5	9月21日	64.2	27.0	67.8	105.0	1.由於丹瑞颱風的外圍雲系寬廣且發展旺盛，因此初期就有大降雨。 2.21日受螺旋雨帶及東南雲系影響，有較大降雨。 3.東南雲系後續影響很久。但主要是對大武地區的影響。
			9月22日	300.7	218.0	143.0	115.5	
			9月23日	34.4	0.1	5.5	2.5	
			9月24日	33.1	0.1	0.0	9.0	
			9月25日	22.5	0.0	4.0	0.0	
			9月26日	0.6	0.0	2.0	9.0	
2009	芭瑪	5	10月03日	0.0	0.0	0.05	16.0	1.由於外圍雲系寬廣且發展旺盛，因此初期就有大降雨。 2.4至6日受螺旋雨帶影響，有較大降雨。尤其是6日對於蘭嶼的影響。
			10月04日	103.0	31.5	52.0	80.1	
			10月05日	41.0	67.0	79.5	0.0	
			10月06日	27.0	26.5	61.5	150.0	
2003	米勒	6	10月31日	0.0	0.0	0.0	5.0	1.因共伴效應，初期就有降雨現象。 2.2、3日受螺旋雨帶及眼牆影響，有較大降雨。
			11月01日	0.1	6.5	8.6	13.0	
			11月02日	225.7	148.0	74.3	133.0	
			11月03日	8.0	25.0	68.5	9.0	
2004	敏督利	6	6月28日	0.0	0.0	0.0	0.0	1.初期沒有降雨。29日受快速移動的外移雨帶影響，有零星降雨。 2.30日後受螺旋雨帶及引進的西南氣流影響，有較多降雨。尤其西南氣流的影響期程有5天之久。
			6月29日	0.0	0.0	5.5	6.0	
			6月30日	74.2	43.0	97.0	56.5	
			7月01日	173.6	204.5	352.0	139.0	
			7月02日	81.5	72.5	65.0	11.5	
			7月03日	193.8	44.5	41.5	4.0	
			7月04日	138.0	50.5	16.0	0.5	
			7月05日	12.0	0.05	4.5	10.0	
7月06日	0.8	0.05	0.0	0.0				
2007	米塔	8	11月25日	5.4	19.5	29.5	35.0	1.前期有共伴效應，便有降雨。 2.26日及27日不斷有強回波從巴士海峽北移，影響範圍相當全面。
			11月26日	176.7	164.0	249.0	157.0	
			11月27日	70.1	92.0	108.0	92.0	
2004	南瑪都	8	12月02日	0.4	0.4	0.5	8.5	1.前期有共伴效應，便有降雨。 2.3日及4日不斷有強回波從巴士海峽北移，影響範圍相當全面。
			12月03日	172.6	208.5	175.0	65.0	
			12月04日	29.5	59.5	86.5	22.0	
2010	萊羅克	9	8月31日	12.5	5.5	0.0	6.0	1.颱風結構雖鬆散，但1日移近臺灣海峽南部時，螺旋雨帶及眼牆，與引進的西南氣流仍造成較大降雨。 2.3日後則受東南雲系的影響。
			9月01日	166.0	100.0	101.3	110.5	
			9月02日	143.5	44.5	52.5	21.0	
			9月03日	8.5	38.0	3.5	36.0	
2010	莫蘭蒂	9	9月07日	19.5	3.0	21.5	39.4	1.莫蘭蒂因從台灣東部外海的熱帶低壓，移到台灣海峽南部後轉變成輕度颱風。因此，初期就有明顯降雨。 2.9日變成輕度颱風後，因離台灣很近，螺旋雨帶及西南氣流容易帶來較大雨勢。
			9月08日	131.0	119.0	70.5	3.5	
			9月09日	148.5	227.0	129.0	10.1	
			9月10日	16.0	25.5	14.2	0.5	
			9月11日	0.0	2.4	16.0	0.0	
2012	泰利	9	6月19日	31.0	26.1	14.2	31.0	1.因受鋒面導引影響，初期就有明顯降雨。雲雨帶向東北移動。 2.後續受螺旋雨帶及西南氣流影響，帶來降雨。 3.受鋒面影響結構破壞。
			6月20日	144.0	68.0	40.0	13.6	
			6月21日	19.0	13.5	10.2	35.0	
			6月22日	1.0	0.0	0.7	23.6	

註：1.以藍色標示的日期是颱風警報期間。

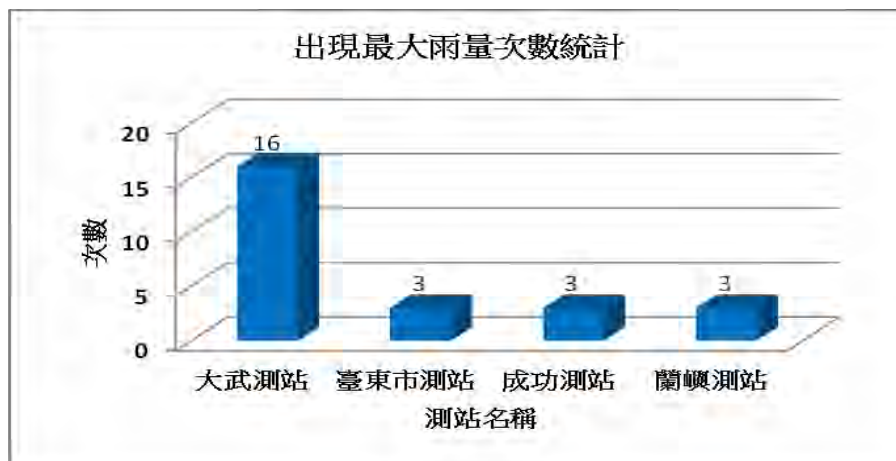
2.以紫色標註豪雨雨量(135.0 毫米)；紅色表防災警戒以上雨量(200.0 毫米-大豪雨、350.0 毫米特大豪雨)

檢視雨量資料發現(表三及表四)：(1)不論颱風影響期間總累積雨量或單日降雨量，都顯示降雨分布的不平均。也就是說，同一颱風的降雨大多集中在一、二個地區而已。(2)另外，除非颱風是從鄰近臺灣地區的熱帶低壓發展起來，或者是與鋒面及東北季風的共伴效應，一般來說，發布海上颱風警報後，不是無雨就是雨勢很小，且颱風所帶來的主要降雨，往往僅集中在一、二天，並具有地區性。為何有這些現象？及如何建立防颱應變決策程序，將在下節一併討論。以下說明我們的分析結果：

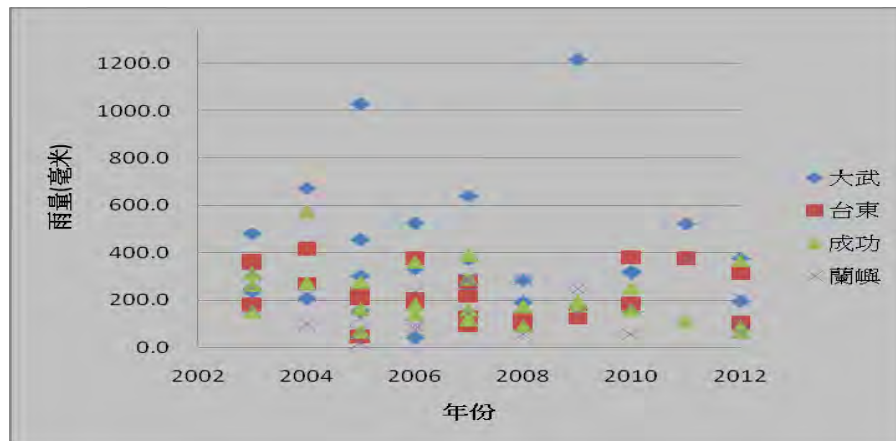
一、台東地區颱風降雨分析(空間分析)

為避免混淆與誤解，以下的說明中除非特別強調“單日”累積雨量，不然所稱的累積雨量即是颱風影響期間的總累積雨量。

(一)這 10 年中各地區在歷次颱風中出現最小累積雨量的測站，以蘭嶼最多有 10 次，其次是成功 8 次，大武 4 次，台東市僅 3 次。而最大累積雨量測站，以大武最多有 16 次(64.0%)(圖十)。各測站最大累積雨量，在大武是 1216.0 毫米(2009 年莫拉克颱風)、成功 581.5 毫米(2004 年敏督利颱風)、台東市 415.1 毫米(2004 年敏督利颱風)、蘭嶼 318.5 毫米(2003 莫拉克颱風)。即大武的累積雨量往往偏高，蘭嶼相對偏低(圖十一)。

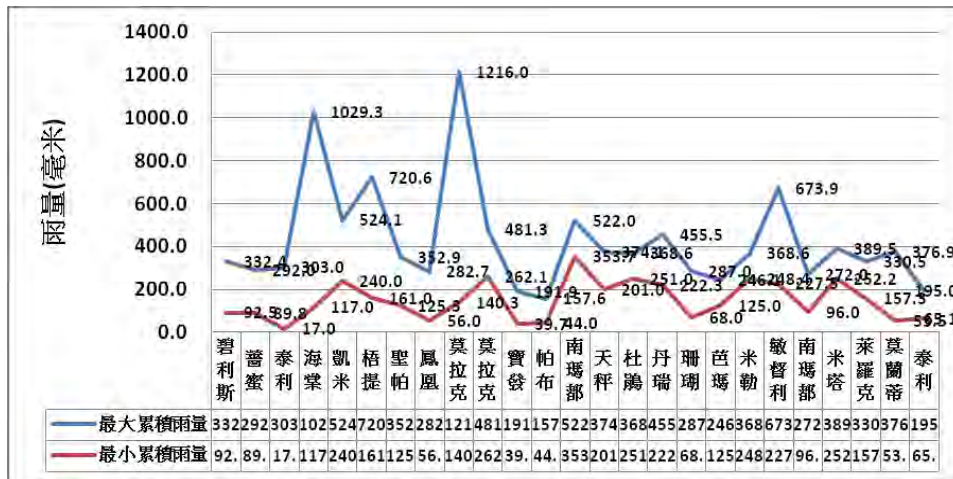


圖十 台東地區各測站在歷次颱風中出現最多累積雨量次數統計圖



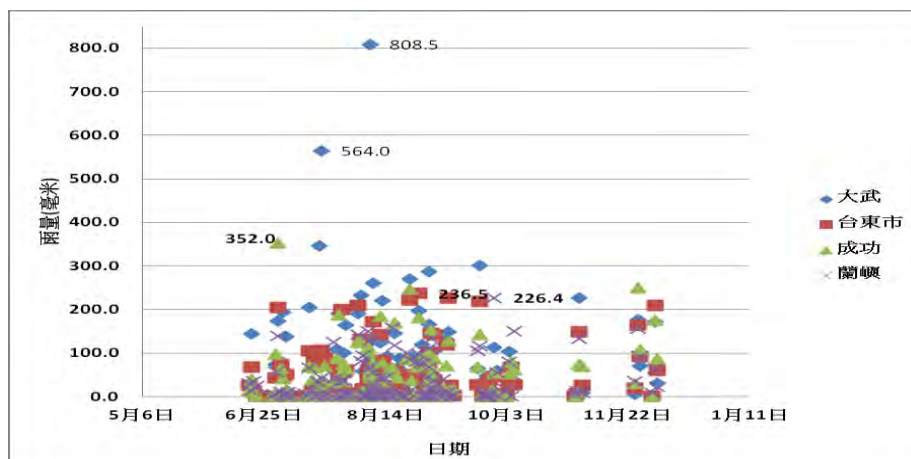
圖十一 歷年各地區在颱風影響期間的累積雨量圖

(二)颱風的降雨不均，各地區彼此間的差異有時很大(圖十二)，如 2009 年莫拉克颱風，造成大武高達 1216.0 毫米累積雨量,但台東市僅 140.3 毫米，相差 1075.7 毫米(大武累積雨量是台東市 8.7 倍)。而 2005 年海棠颱風，大武與蘭嶼相差 912.3 毫米(8.8 倍)。2007 年梧提颱風，大武與成功相差 559.6 毫米(4.5 倍)。



圖十二 各颱風最大及最小累積雨量圖

(三)颱風影響期間最大單日累積雨量(圖十三)，是 2009 年莫拉克颱風大武地區的 808.5 毫米雨量，其次也是大武地區 2005 年海棠颱風 564.0 毫米，如此高雨量也難怪會對台東南部地區造成重大災情。其他各地區最大單日累積雨量：蘭嶼 2008 年薔蜜颱風 226.4 毫米、成功 2004 年敏督利颱風 352.0 毫米、台東市 2011 年南瑪都颱風 236.5 毫米。近 10 年的颱風降雨單日累積雨量達到防災警戒(疏散)標準(200.0 毫米)的次數，以大武最多 11 次、台東市有 8 次、成功是 3 次、蘭嶼僅 1 次。而歷次颱風單日最大累積雨量，以大武 13 次最多、台東市 5 次、成功 5 次、蘭嶼僅 2 次。由上可知，大武地區(台東南部地區)較容易受颱風影響。



圖十三 歷次颱風台東各測站的單日累積雨量

二、颱風降雨持續性分析(時間分析)

(一)從表五可知，颱風警報天數在 2~6 天之間，其中以 3 天最多，有 8 個颱風，警報天數 2 天及 4 天各有 6 個颱風，由此瞭解，颱風的移速算快。而降雨影響天數在 2~9 天之間，以 4 天最多，有 7 個颱風，6 天有 5 個颱風，5 天有 4 個颱風。由警報天數及影響天數對照，颱風降雨天數與颱風警報天數相同者只有一個(帕布颱風)，即除了警報期間的颱風環流降雨外，仍有其他因素會帶來降雨。

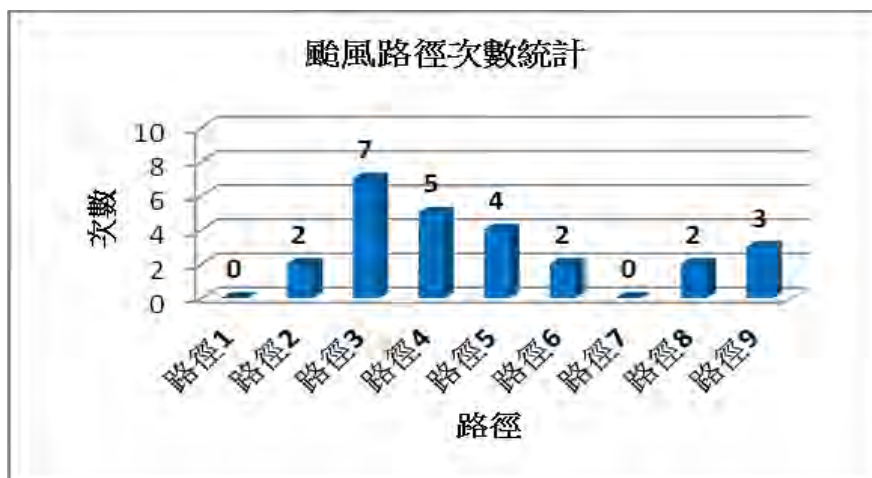
表五 颱風警報天數及影響天數的對照表

天數 次數 類別	2	3	4	5	6	7	8	9
警報天數	6	8	6	3	2	0	0	0
影響天數	1	2	7	4	5	3	1	2

(二)從表四逐日降雨分析，帶來劇烈降雨的天數大多僅 1 天，兩天的颱風有 9 個(連兩天的海棠、凱米、莫拉克、杜鵑、敏督利、萊羅克、莫蘭蒂)，3 天者僅有 1 個(敏督利颱風)，且大部份是在海上警報發布後，甚至是在陸上警報發布後。海上警報前就有劇烈降雨的颱風僅莫蘭蒂；警報解除後仍有劇烈降雨的颱風有凱米、梧提、杜鵑、敏督利等四個，而凱米、梧提兩颱風在警報解除後的劇烈降雨比警報期間的降雨還大。因此，颱風警報解除仍不能掉以輕心。

三、颱風路徑分析(時空分析)

(一)近 10 年，路徑 1 及路徑 7 無豪雨以上降雨。由路徑 3、路徑 4、路徑 5、總計達 16 次可知(圖十四)，造成台東地區較大累積雨量的颱風，是以鄰近台東地區的颱風為主。



圖十四 2003~2012 年在台東出現劇烈降雨的颱風路徑次數統計圖

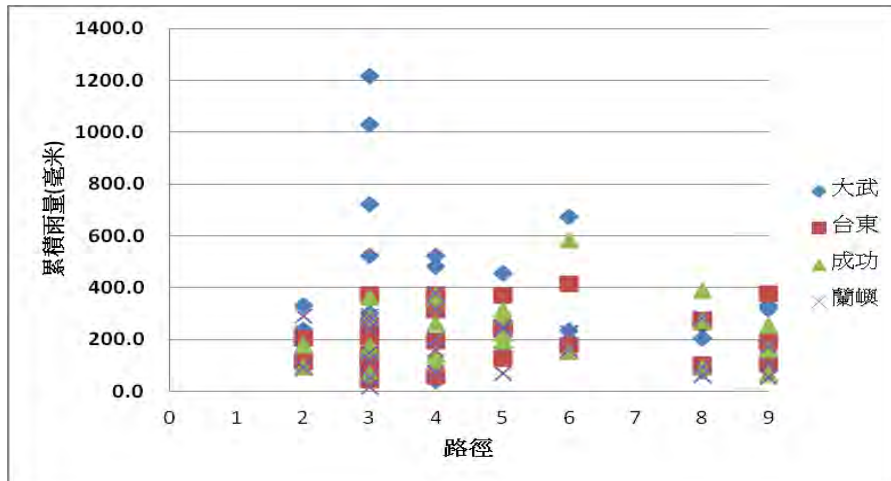
(二)由各路徑的累積雨量可知(圖十五)，路徑 3 較容易有大累積雨量，累積降雨量甚至可達 1000.0 毫米以上。其他路徑最大累積雨量：

- 1.路徑 2 是 2006 年碧利斯颱風在大武 332.4 毫米。
- 2.路徑 4 是 2011 年南瑪都颱風在大武 522.0 毫米。
- 3.路徑 5 是 2005 年丹瑞颱風在大武 455.8 毫米。
- 4.路徑 6 是 2004 年敏督利颱風在大武 673.9 毫米。

5.路徑 8 是 2007 年米塔颱風在成功 389.5 毫米。

6.路徑 9 是 2010 年莫蘭蒂颱風在台東市 376.9 毫米。

產生劇烈降雨的 7 條路徑中，有 5 條路徑為大武帶來最大累積雨量，再次說明大武地區(台東南部地區)容易受颱風影響。



圖十五 2003-2012 年颱風路徑最大累積雨量圖(單位：毫米)

(三) 路徑 3、路徑 5、路徑 6 的單日累積雨量較高，且大多是在大武地區。最高日雨量是路徑 3 於 2009 年莫拉克颱風在大武所創下的 808.5 毫米；路徑 6 單日最大雨量 352.0 毫米；路徑 5 是 300.7 毫米；其他路徑最大累積雨量如表五。

表五 各路徑最大單日雨量統計表

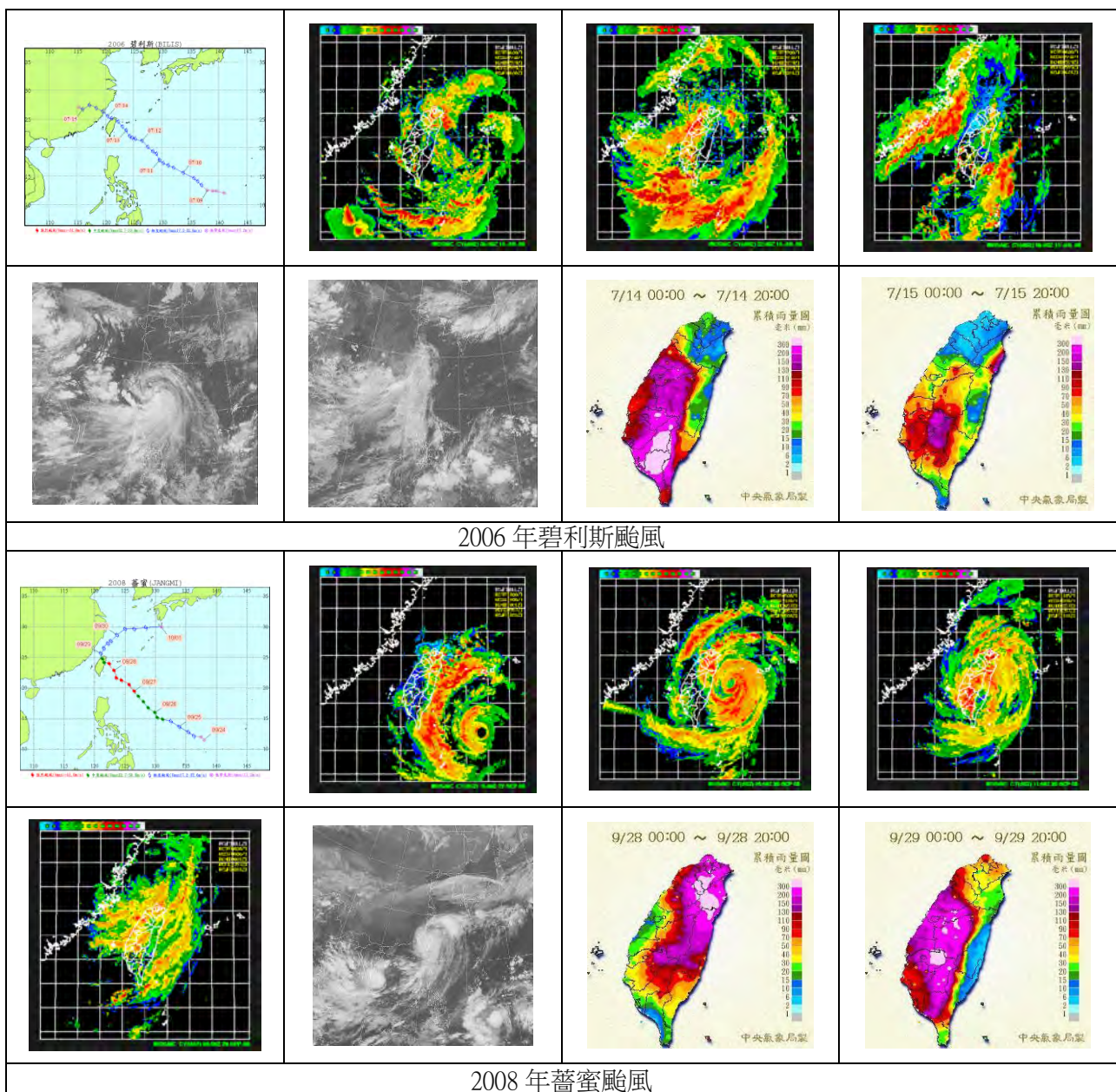
颱風路徑	最大日雨量	颱風名稱	測站	次大日雨量	測站	颱風名稱
2	226.4	薔蜜	蘭嶼	204.0	大武	碧利斯
9	227.0	莫蘭蒂	台東市	166.0	大武	萊羅克
8	249.0	米塔	成功	208.5	台東市	南瑪都
4	270.0	天坪	大武	246.7	成功	天坪
5	300.7	丹瑞	大武	218.0	台東市	丹瑞
6	352.0	敏督利	成功	225.7	大武	米勒
3	808.5	莫拉克	大武	564.0	大武	海棠

陸、討論

一、颱風產生豪雨程度以上的降雨原因？

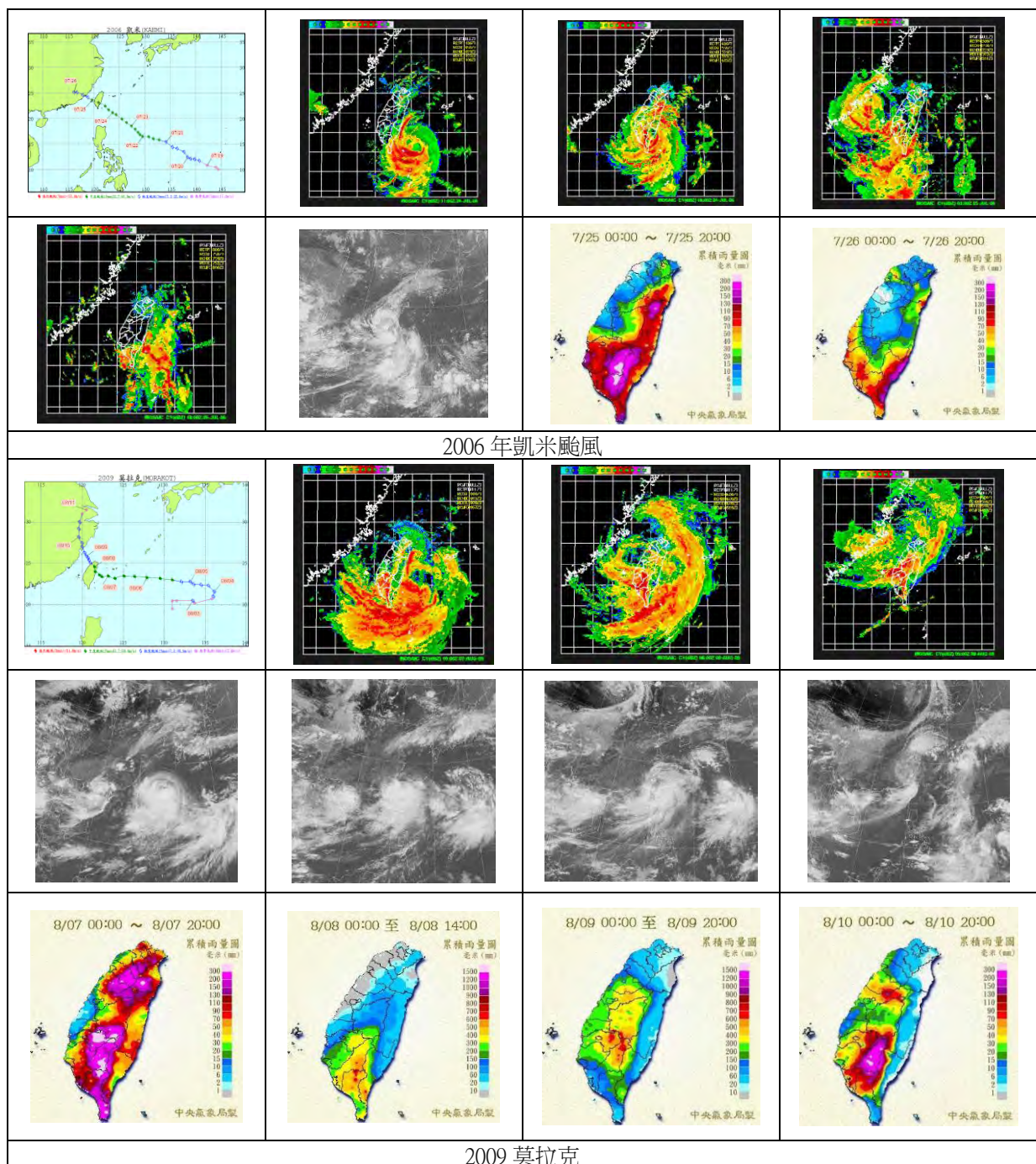
以下以颱風路徑配合雷達雷、衛星雲圖與雨量資料探討颱風產生劇烈降雨的演變特徵(表四備註)及其原因：

(一)路徑 2 有碧利斯及薔蜜兩颱風(圖十六)，在過山前後，**颱風南緣環流受中央山脈南段阻擋及颱風過後所引進的南方雲系北抬**是劇烈降雨主要原因。兩颱風的降雨差異是，(1)薔蜜在前期就有明顯降雨；(2)碧利斯在大武地區降雨較多，而薔蜜則在蘭嶼降雨較多，這在於薔蜜颱風在過山期間外圍雨帶造成蘭嶼較多降雨。



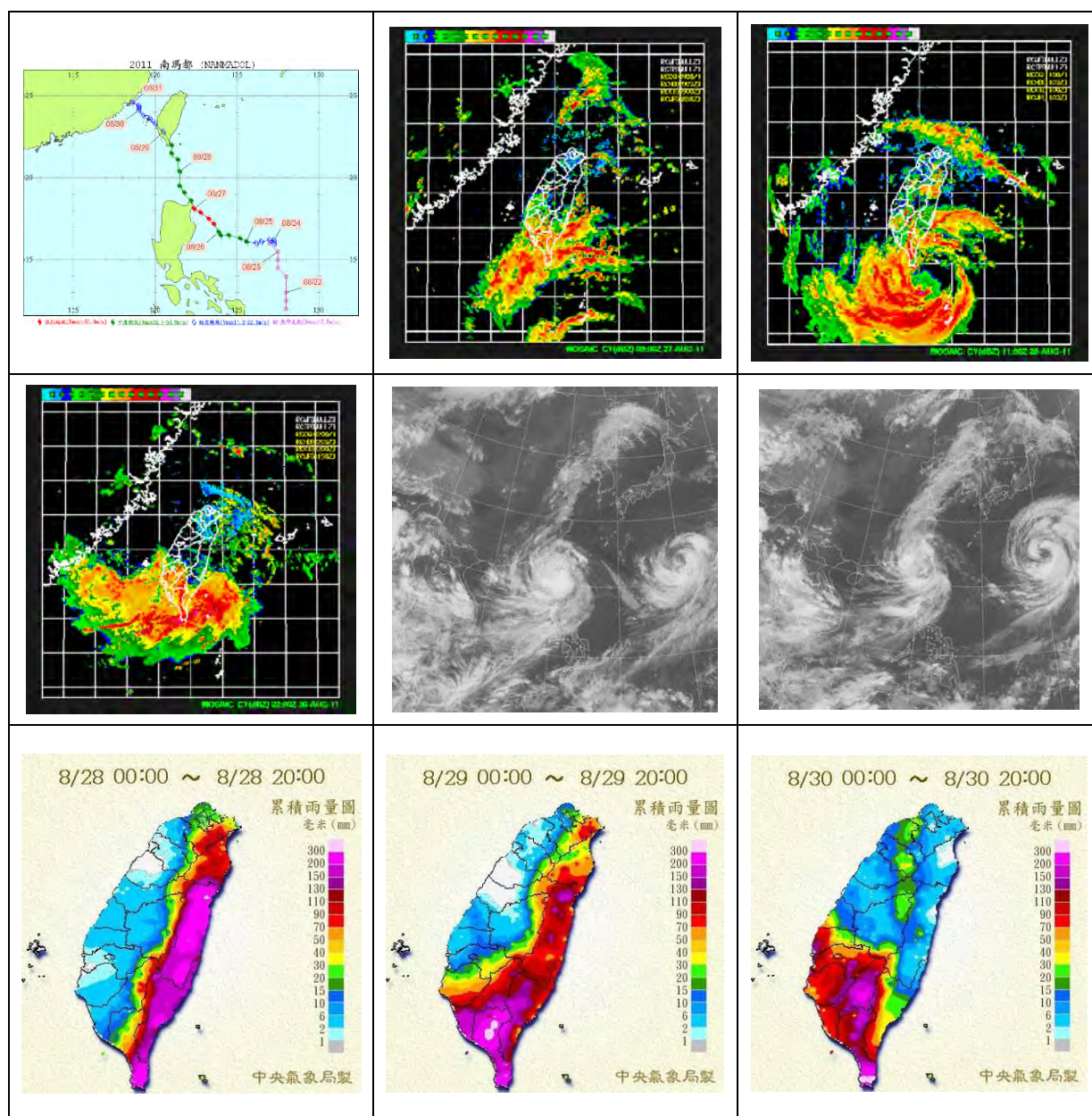
圖十六 碧利斯及薔蜜颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)
註:時間序列係由左而右、由上而下排序。

(二)路徑 3 有 7 例，相較其他路徑，路徑 3 是最容易產生劇烈降雨的路徑，且在大武地區的降雨往往比其他地區高。這在於路徑 3 的颱風環流接近台東地區，當颱風過山前後中央山脈南段對於颱風環流、西南氣流的抬升作用明顯，颱風過後有時也會促使鄰近菲律賓的雲系北抬造成台東地區的降雨。另外，路徑 3 的降雨還有一些特徵，(1)路徑比較偏南的颱風因靠近台東地區，因此初期就有明顯降雨，尤其是對蘭嶼的影響，有時在大武也有較大雨量，如凱米、梧提、聖帕等颱風；(2)所引進的西南氣流或南方雲系，有時比警報階段的雨量還大，如凱米、海棠、莫拉克等颱風。因此路徑 3 的颱風需特別留意颱風路徑走向及所引發的西南氣流。這裡以 2006 年凱米颱風、及 2009 年莫拉克颱風為例(圖十七)。



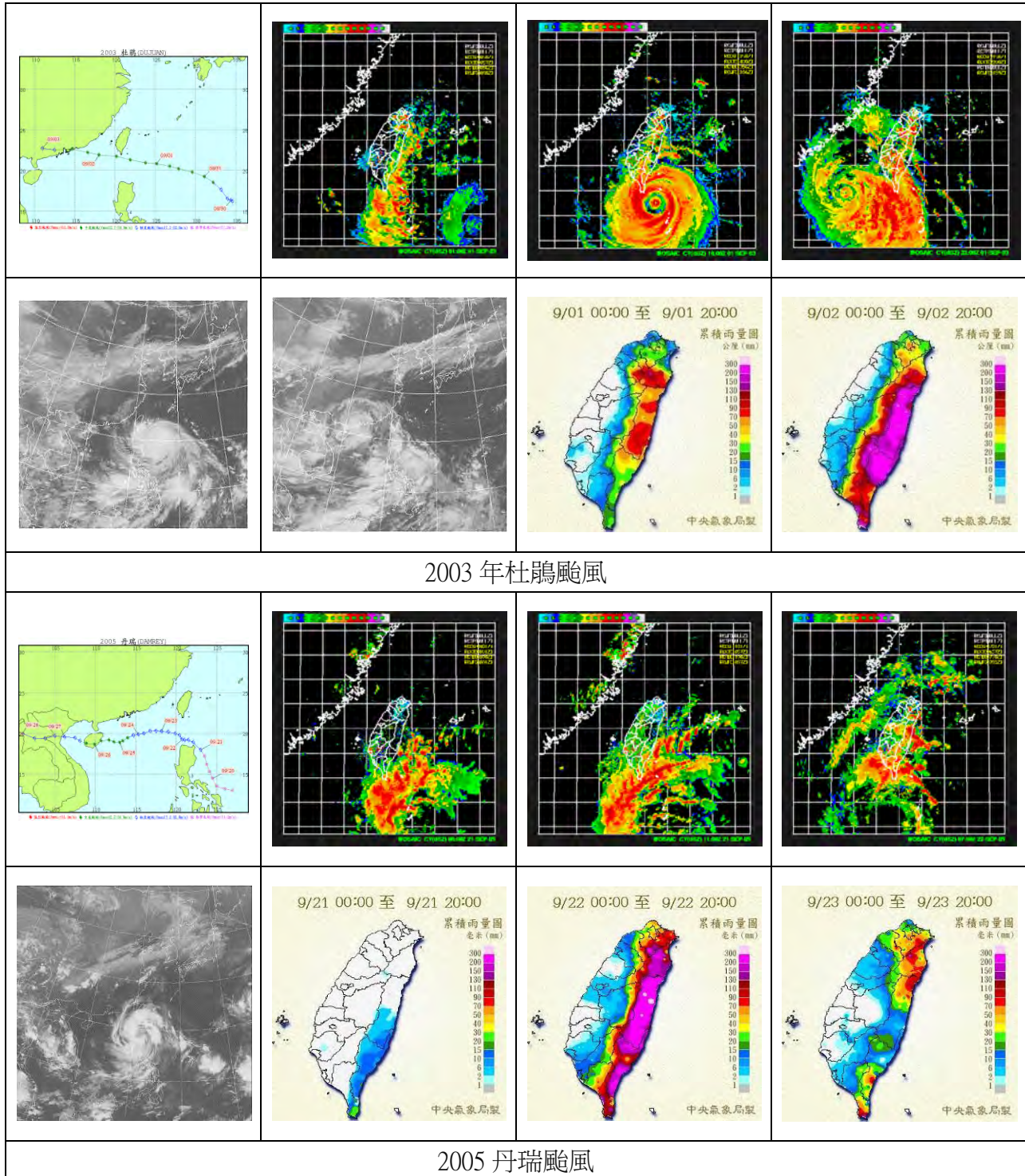
圖十七 凱米及莫拉克颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)

(三)路徑 4 有 5 例，因路線主要位於台東市以南地區，因此颱風的螺旋雨帶及眼牆經過時會有較大雨勢，如台東市在 2006 年寶發颱風眼牆經過時產生豪雨、2007 年帕布颱風的螺旋雨帶及眼牆經過蘭嶼時，造成 278.3 毫米累積雨量。而部份颱風越過中央山脈進入臺灣海峽後，有時也會引進南方雲系而有較大降雨，如 2003 年莫拉克及 2011 年南瑪都颱風在大武降下 481.0 毫米及 522.0 毫米的累積雨量，如此降雨來自颱風前緣的雨帶，加上螺旋雨帶、眼牆，以及西南氣流所引進的雲系。路徑 4 的颱風還可以分成兩類，一是由東向西，如帕布、寶發、天坪，這類移速較快，初期沒有降雨，也較少引發西南氣流；另一類是從菲律賓東方海面朝西北方行進，初期容易有降雨，且會引進西南氣流，影響時間也比較久。以 2011 年南瑪都颱風做說明(圖十八)。



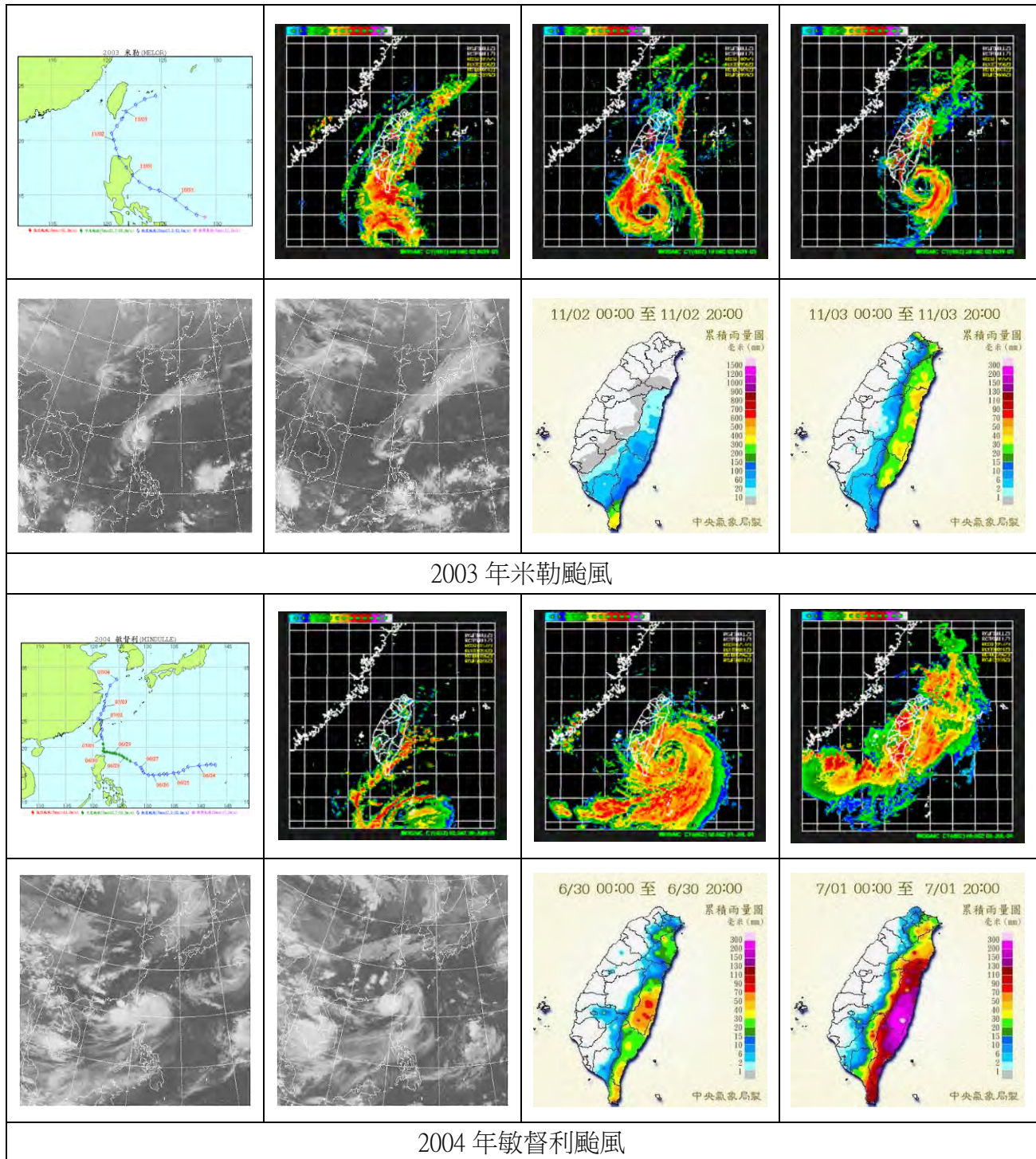
圖十八 2011 年南瑪都颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)

(四)路徑 5 的颱風行經巴士海峽，又可分為接近巴士海峽北端及靠近菲律賓海域的降雨特徵。行經巴士海峽北端的颱風，常因螺旋雨帶、眼牆經過，及引進的南方雲系帶來降雨。而行經菲律賓海域的颱風，除非有如 2005 年丹瑞颱風寬廣的外圍雨帶及螺旋雨帶，大抵而言，台東地區的降雨大多來自颱風外圍雨帶及颱風引進的南方雲系。以杜鵑及丹瑞颱風為案例 (圖十九)。初期就有外圍雨帶帶來降雨是這路徑颱風的共同特徵。



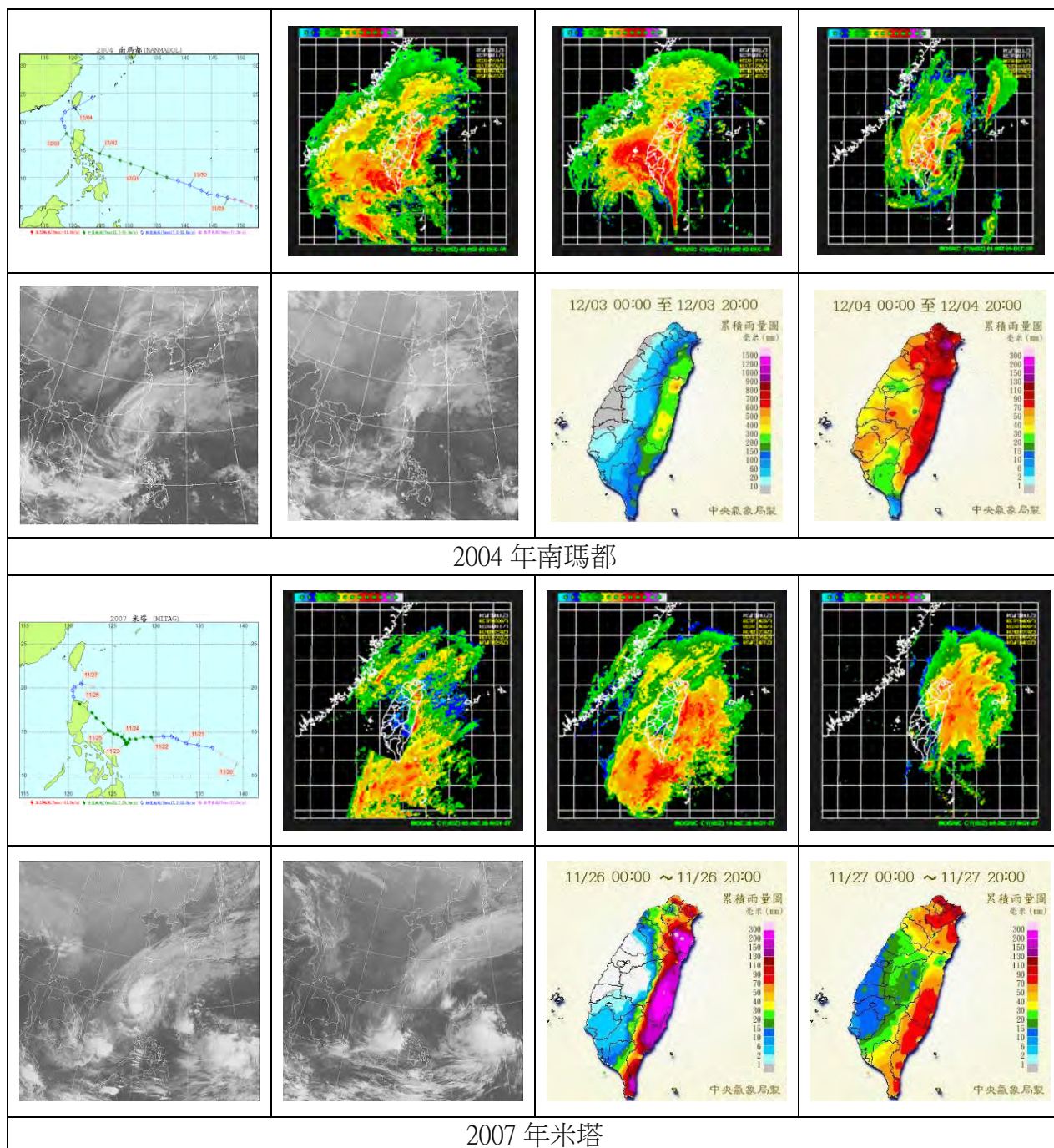
圖十九 杜鵑及丹瑞颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)

(五)路徑 6 有米勒及敏督利兩例(圖二十)，雖都行經台灣東部海域北行，但米勒比較靠近台灣南方海面北上，並受鋒面導引，行經台東東邊海域後，結構破壞。米勒的降雨來自外圍雨帶、螺旋雨帶及眼牆。敏督利因比較偏台灣東方海面北上，初期有外圍雨帶影響，之後有螺旋雨帶及颱風引進的西南氣流所帶來的降雨，因移動緩慢及西南氣流的影響，敏督利的雨量相當高。路徑 6 的颱風雖在大武地區有較大累積雨量，但因路徑的關係，對台東地區的降雨相當全面。



圖二十 米勒及敏督利颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)

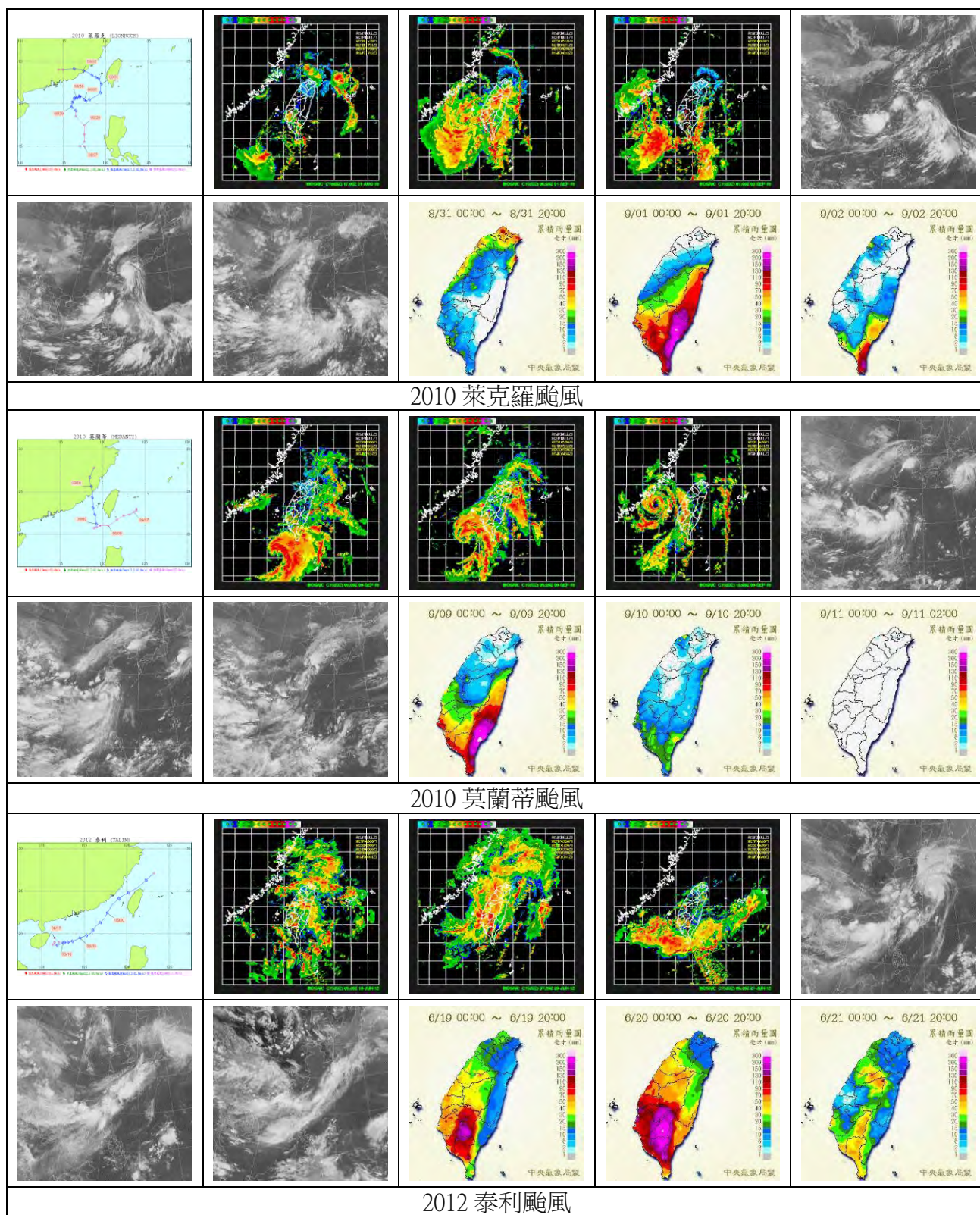
(六)路徑 8 有南瑪都及米塔兩颱風，路徑是由台灣海峽南部斜行穿越台灣本島進入台灣東部海域，兩颱風都受鋒面導引，雲系不斷北上，因此前期就有降雨，主要降雨來自颱風前緣雨帶、眼牆、及颱風環流與地形(逆時針氣流)的交互作用(圖二十一)，但在颱風進到台灣東部海面後，颱風結構就鬆散掉了，降雨影響就減弱了。路徑 8 的颱風影響地區跟路徑 6 有點類似都很全面性。



圖二十一 南瑪都及米塔颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)

(七)路徑 9 有萊羅克、莫蘭蒂、及泰利三颱風(圖二十二)。(1)萊克羅颱風在南海緩慢移動後，才往台灣海峽前進，最後進入中國大陸，在移近台灣海峽南部時，螺旋雨帶及眼牆，與引進的西南氣流造成較大降雨，後續則有東南雲系。(2)莫蘭蒂颱風因從熱帶低壓移

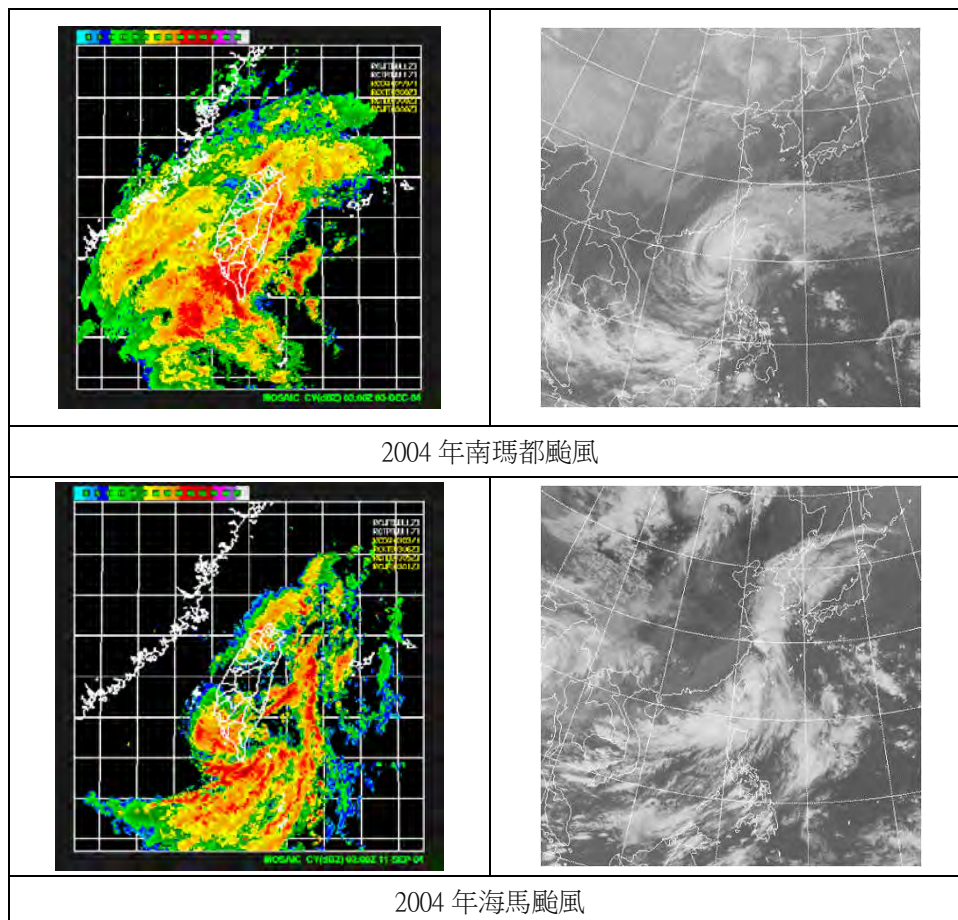
到台灣海峽南部後，轉變成輕度颱風。因此，初期就有明顯降雨，因離台灣很近，螺旋雨帶及西南氣流帶來較大雨勢。(3)泰利颱風前緣的環流似乎與北方的鋒面形成共伴效應，因此前期有比較明顯的雲系發展與降雨。



圖二十二 2012 年泰利颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序列圖。(中央氣象局，2012)

二、台東各地區產生豪雨程度以上的降雨差異原因？

- (一) 颱風降雨分布由內而外為:眼牆、螺旋雨帶、外圍雨帶，在這些雨帶經過時往往會有較大雨勢，而有區域降雨差異。如 2006 年寶發颱風雖結構鬆散，但眼牆經過台東市時，卻有單日 172.0 毫米雨量;2008 年薔蜜颱風的螺旋雨帶為蘭嶼帶來 292.0 毫米累積雨量;2007 年米塔颱風的外圍雲帶則造成成功 389.5 毫米累積雨量。
- (二) 部分颱風前緣氣流會與台灣北方的鋒面(或東北季風)形成共伴效應;而有些颱風的發展前期是熱帶低壓，使得颱風來臨前期就有比較明顯的雲系發展與降雨。如 2004 年的南瑪都颱風、2004 年的海馬颱風等(圖二十三)。而這往往增添防災應變難度。

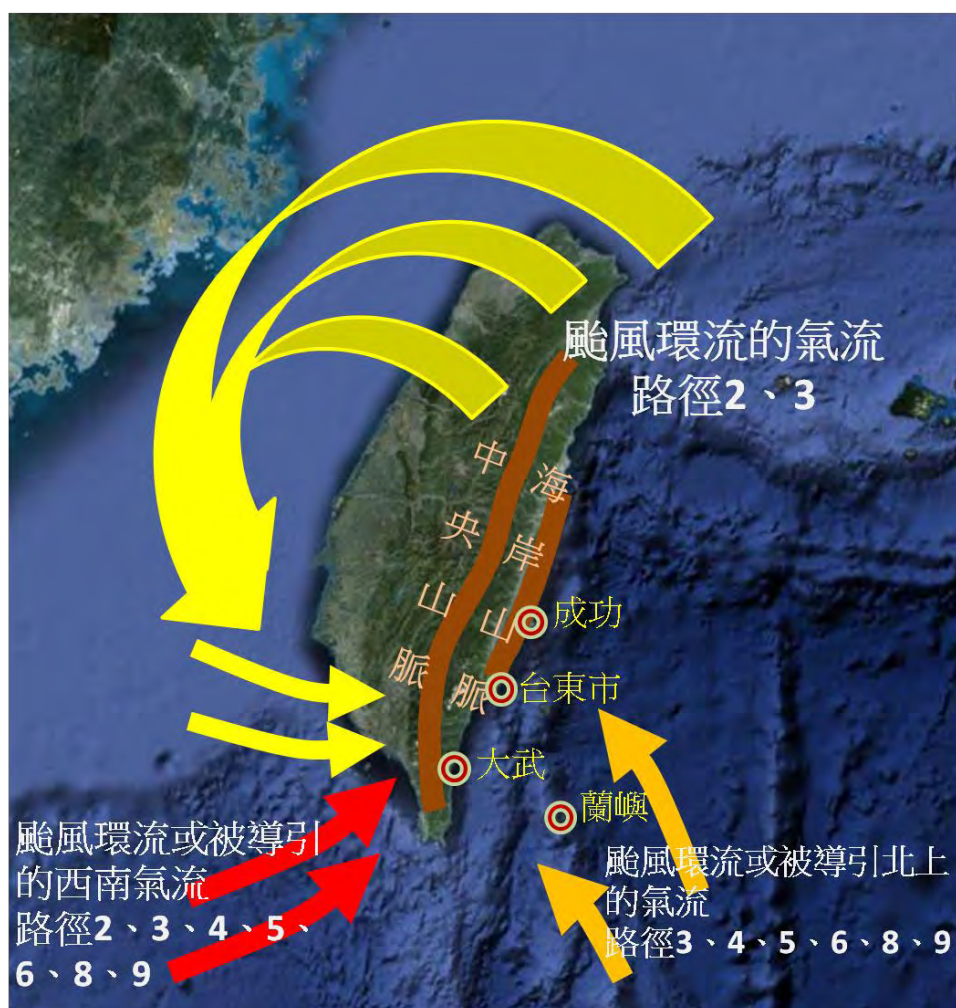


圖二十三 共伴效應及熱帶低壓發展示意圖。(中央氣象局，2012)

- (三) 另由於颱風環流結構並非對稱，及地理位置、颱風路徑的不同，加上地形的影響往往造成各地區雨量差異，如路徑 3 的莫拉克颱風及海棠颱風僅造成大武地區災害性降雨，其他地區雨量相對偏少，這在於颱風穿越中央山脈前後，颱風南緣的環流受到中央山脈南段地形的阻擋抬生作用，加上後續引進的西南氣流，促使高雄、屏東、台東南部地區豪雨不斷。由近 10 年颱風路徑分析，若路徑 2、路徑 3 的颱風環流遇中央山脈南段地形阻擋，或路徑 2、路徑 3、路徑 4、路徑 5、路徑 6、路徑 8、路徑 9 的颱風有引進西南氣流，大武地區所受的影響往往比其他地區來的大。

(四)颱風除了會引進西南氣流之外，有時環流也會引發位於菲律賓一帶的雲系北移，這時降雨的差異，取決於雲系北移後所涵蓋的區域在何處。如 2008 年薔蜜颱風僅造成蘭嶼較大雨量(292.0 毫米)；2003 年杜鵑颱風不僅台東市有較大雨量(368.5 毫米)，連成功、大武及蘭嶼都有 200.0 毫米以上的雨量；2007 年米塔颱風也有類似情形，但最大雨量位在成功(389.5 毫米)。路徑 3、路徑 4、路徑 5、路徑 6、路徑 8、路徑 9 似乎容易導引菲律賓一帶的雲系北移。

以上降雨差異原因分析的示意圖如圖二十四所示。



圖二十四 降雨差異原因分析的示意圖
(圖面來自 google 地圖(<http://maps.google.com.tw/>))

註:

1. 路徑 2、路徑 3 的颱風環流，有時會受中央山脈南段地形抬升的影響，在台灣南部山區形成劇烈降雨，這些降雨甚至會影響台東南部地區。
2. 路徑 2、路徑 3、路徑 4、路徑 5、路徑 6、路徑 8、路徑 9 的颱風環流或被導引的西南氣流，有時會受中央山脈南段地形抬升的影響，在台灣南部形成劇烈降雨，這些降雨甚至會影響台東南部地區。
3. 路徑 3、路徑 4、路徑 5、路徑 6、路徑 8、路徑 9 的颱風環流或颱風過後導引北上的降雨，容易造成台東各地區的降雨。

三、防災應變決策應用探討

經由颱風降雨的統計分析，大抵上已能瞭解台東地區颱風劇烈降雨的時空特徵及其原因，以下說明如何將氣候分析成果應用在防災應變決策作業程序上：

(一)由於颱風劇烈降雨的出現時間點，往往在海上警報發布後，甚至在陸上警報發布之後，因此在雨勢未明顯之前，應在此空檔時期，依數值預報路徑，以路徑類比方式針對前節所得可能產生劇烈降雨的區域進行警戒，必要時即提前執行人員疏散安置。有關各地區守視警戒作業如下：

1、由於**大武地區**最容易有較大雨量，因此：

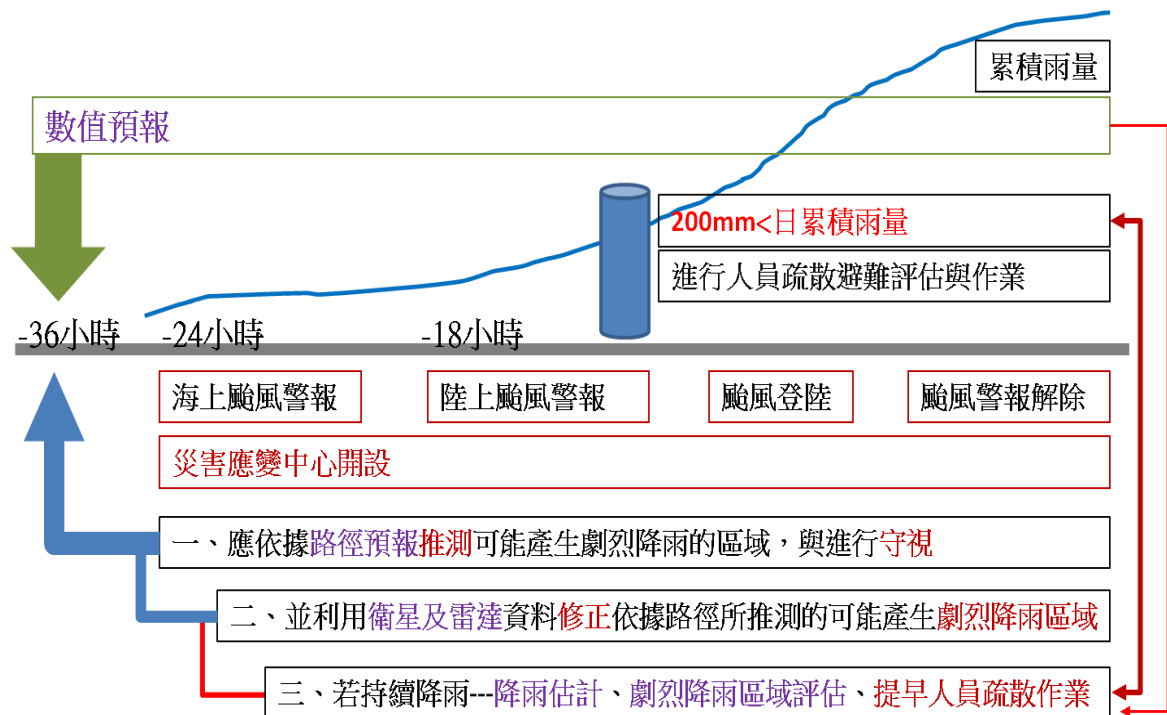
(1)**大武地區**(臺東縣南部地區)在防災上應特別留意路徑 3 及類似路徑 3 會引導**西南氣流**的路徑 2、路徑 4、路徑 5、路徑 6、路徑 8、路徑 9 的颱風；因此從雷達圖中發現有回波出現在南部地區時(尤其是山區)，且伴隨有較大降雨，應提高警覺，當預估降雨會持續一段時間時，應當機立斷進行疏散作業；

(2)另外，也要留意菲律賓及台灣海峽一帶雲系的發展，因這些雲系也會北上造成大武地區劇烈降雨。

2、而**其他地區**則應留意颱風環流的眼牆及螺旋雨帶，及受颱風自菲律賓一帶導引北上的雲系，因這些雨帶或雲系往往會帶來劇烈降雨。

(二)災害應變中心開設後(海上颱風警報發布、或日累積雨量達 130.0 毫米以上時)，一方面就上述方式針對預報路徑的可能出現劇烈降雨區域進行守視，另一方面利用即時衛星及雷達資料，進行警戒區域修正。這在於颱風路徑預報的難度，因颱風路徑及結構可能受地形影響而有所改變，或因颱風與鋒面的共伴效應、颱風所引發的西南氣流或導引菲律賓一帶雲系的北移，都會影響降雨分布及雨勢。當衛星及雷達等即時資料發現有明顯雨量增加趨勢時，應進行必要的應變作為(圖二十五)。

(三)部分颱風因共伴效應，或發展於台灣附近的熱帶低壓，致使颱風來臨前即有相當的降雨量，此時，災害應變往往相當緊急，因此災害應變中心的開設應從寬認定，即在未發布海上颱風警報前，而已有相當的降雨趨勢時，便應先行災害應變中心三級開設，這樣才有充裕時間進行應變作業。



圖二十五 颱風劇烈降雨守視及防災應變作業示意圖

註:以數值預報路徑為基準，結合類比法(颱風路徑分類-九條路徑)及使用即時資訊，所進行的防災決策示意。

柒、結論

西北太平洋地區在 2003 年至 2012 年間計有 225 個颱風生成，有 66 個發布警報，從中篩選出任一測站單日累積雨量高於 130.0 毫米的颱風有 25 個。由此所得颱風在台東降雨時空特徵及應用如下：

一、颱風降雨特徵

- (一) 除非颱風發展自鄰近臺灣地區，或者是共伴效應，一般來說，發布海上颱風警報後，不是無雨就是雨勢小，且颱風降雨集中在一、二天，並具地區性。警報前期有劇烈降雨的颱風僅莫蘭蒂；警報解除後仍有劇烈降雨的颱風有凱米、梧提、杜鵑、敏督利等，而凱米、梧提兩颱風在警報解除後的降雨比警報期間降雨還大。因此，颱風警報解除仍不能掉以輕心。
- (二) 颱風影響期間最大累積雨量，大武 16 次(64.0%)。各測站最大累積雨量，大武 1216.0 毫米、成功 581.5 毫米、台東市 415.1 毫米、蘭嶼 318.5 毫米。而單日最大雨量是大武 2009 年莫拉克颱風 808.5 毫米，蘭嶼 2008 年蕃蜜颱風 226.4 毫米、成功 2004 年敏督利颱風 352.0 毫米、台東市 2011 年南瑪都颱風 236.5 毫米。大武的雨量偏高，蘭嶼相對偏低。

- (三) 單一颱風各地降雨彼此差異有時很大，如 2009 年莫拉克颱風，大武 1216.0 毫米累積雨量，但台東市僅 140.3 毫米，相差 1075.7 毫米(8.7 倍)。2005 年海棠颱風，大武與蘭嶼相差 912.3 毫米(8.8 倍)。2007 年梧提颱風，大武與成功相差 559.6 毫米(4.5 倍)。
- (四) 近 10 年，路徑 1 及路徑 7 沒有豪雨以上降雨。產生劇烈降雨的 7 條路徑中，有 5 條路徑為大武地區帶來最大累積雨量。且單日雨量達到防災警戒(疏散)標準(200.0 毫米)，大武 11 次、台東市 8 次、成功 3 次、蘭嶼僅 1 次。而歷次颱風單日最大累積雨量，以大武最多 13 次、台東市 5 次、成功 5 次、蘭嶼僅 2 次。由上可知，大武地區(台東南部地區)較容易受颱風影響。
- (五) 路徑 3、路徑 5、路徑 6 的颱風單日雨量較高，且大多在大武地區。最高日雨量是路徑 3 在 2009 年莫拉克颱風大武的 808.5 毫米；路徑 6 是成功 352.0 毫米；路徑 5 大武 300.7 毫米。
- (六) 由雷達圖、衛星雲圖及雨量資料追蹤降雨情形，颱風所帶來的劇烈降雨主要受颱風環流(螺旋雨帶及眼牆)、颱風環流或引進的西南氣流受中央山脈南段阻擋，及颱風過後所引進的南方雲系北抬的影響。

二、防災決策作業程序

- (一) 災害應變相關人員應在海上警報發布後，或者降雨趨勢明顯時，依預報路徑，進行可能產生劇烈降雨區域警戒，有關台東各地區守視如下：
- 1、大武地區(臺東縣南部地區)在防災上應特別留意路徑 3 及類似路徑 3 會引導西南氣流的路徑 2、路徑 4、路徑 5、路徑 6、路徑 8、路徑 9 的颱風。
 - 2、其他地區則應留意颱風環流的眼牆及螺旋雨帶，及受颱風自菲律賓一帶導引北上的雲系。
- (二) 一方面守視，另一方面應利用衛星及雷達資料，進行警戒區域的修正，並適時進行災害應變預警及作業。
- (三) 部分颱風因共伴效應，或發展於台灣附近的熱帶低壓，使颱風來臨前即有相當的降雨量，因此災害應變中心的開設應從寬認定，即在未發布海上颱風警報前，而已有相當的降雨趨勢時，便應先行災害應變中心三級開設，這樣才有充裕時間進行應變作業。

三、透過氣候統計來瞭解颱風在台東地區劇烈降雨的時空氣候特徵，建立起台東縣颱風防災應變決策作業程序，我們希望藉此為台東的防災貢獻一點心力。未來作業上若能整合氣候特徵、數值預報及類比法，並透過雷達、衛星即時資訊監視，我們相信應能為台東地區減低颱風災害，及避免類似莫拉克颱風造成兩名員警在太麻里殉職的悲劇再發生。

捌、參考資料及其他

- 一、土石流防災資訊網(2012)。土石流應變(土石流學堂-土石流防災策略-災害應變)。2013 年 01 月 01 日，取自：
<http://erarc.epa.gov.tw/e/221/201105061117/archive/246.swcb/School/school-disasterdeal.html>
- 二、土石流防災資訊網(2012)。台東地區土石流潛勢溪流分布圖。2013 年 01 月 17 日，取自：
<http://erarc.epa.gov.tw/e/221/201105061117/archive/246.swcb/default-3.html>
- 三、大愛新聞-專題報導(2009)。天有不測風雲-天威難測 防颱應擴大警戒範圍。2012 年 12 月 29 日。取自：http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=IvLvSgO67jM
- 四、大愛新聞-專題報導(2009)。天有不測風雲-氣象預報存誤差 活用資訊慎防災。2012 年 12 月 29 日。取自：http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=pq9-LMHkHW4
- 五、大愛新聞-專題報導(2009)。天有不測風雲-新科技即時監視 預測仍存有誤差。2012 年 12 月 29 日。取自：http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=XKBeZ6y-nrQ
- 六、中央氣象局(2012)。中央氣象局氣候統計資料。2013 年 01 月 16 日，取自：
<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/dailyPrecipitation/dP.htm>
- 七、中央氣象局 (2012)。中央氣象局颱風資料庫。2013 年 01 月 17 日，取自：
<http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php>
- 八、中央氣象局(2013)。西北太平洋颱風移動路徑圖。2013 年 01 月 17 日，取自：
<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/ty024.htm>
- 九、中央氣象局(2013)。颱風雷達、衛星及雨量相關圖資時間序圖。2013 年 01 月 16 日，取自：<http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php>
- 十、中央氣象局(2013)。颱風警報作業。2013 年 01 月 16 日，取自：
http://www.cwb.gov.tw/V7/eservice/docs/overview/forecast_web/typhoon/typwork.htm
- 十一、中央氣象局 (2013)。氣象百問-颱風結構剖面圖。2013 年 01 月 17 日，取自：
<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/ty008.htm>
- 十二、公視新聞-專題報導(2010)。汛期預警 從警報後第一朵雲開始。2012 年 12 月 29 日。取自：http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=xOsCvdxphRc
- 十三、台灣颱風洪水研究中心(2013)。定量降雨預報技術-類比法極短時定量降雨預報。2013 年 04 月 06 日。取自：<http://2012apts.apectyphoon.org/study02D.html>
- 十四、台灣氣候變遷推估與資訊平台計畫(2012)。台灣地區颱風路徑分類圖。2013 年 01 月 17 日，取自：http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/NCDR/Shared_Doc/tw/past/10path.jpg
- 十五、伊紐曼著。吳俊傑、金堯譯(2007)。颱風。臺北市：天下遠見。
- 十六、全國法規資料庫入口網站(2012)。災害防救法施行細則。2013年01月17日，取自：
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?PCODE=D0120021>
- 十七、李宗祐、林如昕（2009 年 10 月 08 日）。氣象局預報主任請退 吳德榮：台灣理盲又濫情。中國時報。2012 年 12 月 30 日。取自 <http://blog.udn.com/likeking/3387316>
- 十八、李承宇（2009 年 09 月 14 日）。氣象預測解析／降雨預報準度 20 年只增 5%。聯合電子報。2012 年 12 月 30 日。取自 http://mag.udn.com/mag/digital/storypage.jsp?f_ART_ID=212436。

- 十九、吳俊傑、黃清勇、楊明仁、簡芳菁、洪景山、顏自雄(2010)。颱風數值模擬之現況與挑戰—2009 年莫拉克颱風。大氣科學，38-2，99-134。
- 二十、吳德榮(2012)。颱風警報與風險管理。國立臺灣圖書館線上演講廳。2013 年 4 月 6 日，取自 <http://www.ntl.edu.tw/sp.asp?xdurl=MP8AP/MediaPlay.asp&xItem=12291&mp=8>
- 二十一、林嘉琪、許紹軒(2010 年 6 月 15 日)。吳德榮：颱風預報只看路徑 很危險。自由時報電子報。2012 年 12 月 30 日。取自 <http://www.libertytimes.com.tw/2010/new/jun/15/today-life3.htm>。
- 二十二、陳亮全(2011)。颱風災害之災前整備及應變重點。城市發展，第十一期，008-038。
- 二十三、陳亮全(2011)。颱風災害情資研判及其應用。宜蘭縣政府消防局。2013 年 4 月 6 日，取自 <http://fire.e-land.gov.tw/ftp/20110602090210.pdf>
- 二十四、戚啟勳(1989)。熱帶氣象學。臺北市：國立編譯館。
- 二十五、經濟部水利署防災資訊服務網(2012)。颱風豪雨預警研判分析。2013 年 01 月 17 日，取自：http://fhy.wra.gov.tw/Pub_Web_2011/Page/Frame_MenuLeft.aspx?sid=26
- 二十六、經濟部水利署防災資訊服務網(2012)。臺東縣一日暴雨淹水潛勢圖。2013 年 01 月 17 日，取自：http://fhy.wra.gov.tw/Pub_Web_2011/Page/Frame_MenuLeft.aspx?sid=27
- 二十七、葉天降、郭鴻基、呂國臣、王世堅、陳怡良(2010)。莫拉克颱風路徑與降雨作業預報校驗。大氣科學，38-2，85-98。
- 二十八、監察院全球資訊網。行政院於莫拉克颱風期間，應變處置及指揮權責紊亂；……爰依法提案糾正乙案。2012 年 12 月 30 日。取自：http://www.cy.gov.tw/sp.asp?xdUrl=%2FDI%2Fedoc%2Fdb2.asp&ctNode=911&edoc_no=2&doQuery=1&intYear=98&mm=&input_edoc_no=&case_pty=&input_edoc_unit=&keyword=&submit=%E6%9F%A5%E8%A9%A2
- 二十九、謝蕙蓮(2010 年 06 月 04 日)。吳德榮：以颱風預報做防災決策找死。聯合電子報。2012 年 12 月 30 日。取自 <http://blog.udn.com/geshela/4128500#ixzz2VXGxFBTq>
- 三十、google 地圖(2013)。台東地區地圖。2013 年 01 月 17 日，取自 <http://maps.google.com.tw>

【評語】 040511

這是一個鄉土性強，與防災極為相關的課題。該作品彙整了十年來颱風帶來的豪大雨紀錄，分析颱風路徑對台東地區產生的豪雨效應，資料豐富，結論也很有意義，對於防災的應用有積極的意義。分析的方法若能兼顧季節性的分布差異，季風產生的共伴影響，並增強對颱風與降雨的基本知識，內容會更好。在防災的因應措施方面，將豪大雨警報的自動化是可行的方向。

1. 研究主題與鄉土關係密切，由關懷當地民生問題出發，結合科學與生活應用，可加以比較現今決策，並提出基於研究結果的具體建議。表達流暢且生動，展現投入研究分析的興趣。
2. 議題有實用意義。選用的氣象局資料量龐大，工作量大，而颱風案例有限，統計結論不強，但值得深入探討其結論的背後成因。