

臺南地區弱綜觀天氣之降雨分析

朱瑞鼎¹ 陳昭銘² 張家治²

中央氣象局臺灣南區氣象中心¹
國立高雄海洋科技大學海事資訊科技系²

摘要

本研究以 2010-2016 年 4-10 月臺南地區弱綜觀(弱綜觀日約佔總天數之 60.7%)天氣之降雨特性為分析對象，探討其發生概率與對應之氣象條件，並將降雨分類為海陸風降雨與午後對流降雨等兩類進行分析。

濱海區的海陸風降雨都是小雨個案(時雨量<40mm)，降雨天數約為所有弱綜觀日之 3-5%。濱海區海陸風降雨之主要峰值，約在 5-6 時。濱海區之海陸風降雨，對應溫度與濕度之日變化，於降雨前之溫度濕度比較高，在風向方面呈現清楚的海陸風特性，由降雨前東南風轉為降雨後西南風。上述差異顯示，偏南風帶來高溫高濕的空氣，有利於降雨，而在日夜變化之際降雨因明顯受到風向轉變之輻合機制之影響。

山區測站之午後對流降雨，約佔所有弱綜觀日之 21-33%。小雨個案呈現兩個峰值，分別位於 16-17 時與 21-22 時。大雨個案則於 14-18 時呈現主要降雨時段，在 19-20 時有另一個降雨時段。山區午後對流降雨，小雨個案與大雨個案(時雨量 $\geq 40\text{mm}$)呈現系統性差異，於降雨前大雨個案風速比較小，溫度比較高，風向分佈也以靜風為主。上述差異顯示，當風速變小或靜風時，有利於熱力蓄積，使溫度上升，上升運動與對流作用隨之增強，有利於增強降雨強度，此機制反應山區午後對流降雨強度變化明顯受到熱力相關機制之影響。

關鍵字：弱綜觀、海陸風、午後對流

一、前言

臺南地區主要雨季為 5-9 月，橫跨梅雨季(5-6 月)與颱風季(7-9 月)，其餘 7 個月(10-4 月)為偏乾季節。在主要雨季中，主要降雨機制包括颱風、鋒面/低壓、午後熱對流、西南氣流等，其中颱風、鋒面/低壓屬於具顯著特性的強綜觀天氣系統，影響範圍可達整個或半個臺灣的範圍。西南氣流為季節性環流背景，與亞洲夏季季風密切關聯，其主要功能為水氣傳送若與地形交互作用，則可在迎風面產生明顯降雨。午後熱對流為區域性熱對流，空間範圍一般較小，以數-十公里為範圍，常是區域性降雨，雨勢可大可小，視其水氣來源而定，若是結合較大尺度環流供應水氣，則雨勢偏大，若僅是區域性熱動力所引發之對流，通常持續性不強，雨勢不大。

中央氣象局 2016 年「臺南地區豪(大)雨預報概念模式之建置研究」計畫針對臺南地區之豪(大)雨降雨特性進行分析，其相關結果主要反應強綜觀天氣之相關降雨如颱風、鋒面/低壓，西南氣流等系統，均是造成豪(大)雨之主因。在預報作業上，強綜觀天氣之出現，一般均容易從氣象場之三維分佈型態判斷，對其將帶來顯著降雨，亦是可預期之事。但在另一方面，在弱綜觀天氣型態之下，則是在無強綜觀天氣型態出現時，區域性的環流變化也會造成

區域性降雨，例如午後熱對流、海陸風等系統這些弱綜觀天氣系統，偶有引發局部地方的顯著災情，但在降雨預報精進技術上仍無法掌握其準確性及概率，因此對弱綜觀天氣相關降雨特性之了解，當有助區域性天氣預報作業中，對較小區域之地域性降雨的掌握，因此有需要進行系統性分析加以了解。

引發降雨之弱綜觀天氣系統主要有午後熱對流與海陸風。林等(2012)分析顯示，在弱綜觀環境下，暖季午後降雨最大值傾向發生於 15-16 時之間，主要降雨區域多沿著平行山脈走向的斜坡。北臺灣發生午後熱對流時間較中南部早，但中南部對流強度明顯高於北臺灣，持續時間亦較長。陳與楊(1988)、陳等(2001)、陳等(2002)、陳等(2009)指出，北臺灣梅雨季午後熱對流主要發生於沿著山脈西側 500-1000m 的斜坡區，源自於海風與盛行風輻合而有最高降雨機率，白天局部環流與地形效應可影響降水強度。在無明顯山勢斜坡的沿岸區，午後熱對流之降雨機制則降低(陳等 2002，陳等 2005)，Chen et al.(1999)亦指出，發生於 15-16 時的最大降水，係由午後熱對流所導致，於夏季最明顯，歸因於海陸風局部環流與山脈地形的交互作用。沿海地區局部環流主要呈現之特性為海陸風，海風大都從 10-11 時開始，到 14-15 時隨著氣溫上升到最高而達到最強盛時期，通常可深入陸地約 20-25km(中央氣象局 2006)。侯與范(2014)指出，臺灣西部

夏季常會因海風強盛而引發午後降雨事件。McPherson et al. (1970)指出，凸的海岸線在陸地上會出現海風輻合，凹的海岸線在陸地上會出現海風輻散。臺南地區的濱海北區相較高雄地區正是呈現凸的海岸線，其海陸風環流與午後降雨之特性，值得注意。陳與林(2015)分析指出，臺灣西部夏季海陸風盛行區域為桃園新屋到臺南七股的沿海地區。依上面研究文獻回顧可看出，臺南地區為暖季西南氣流之迎風面濱海地區亦為海陸風盛行區域，在海陸風環流顯著背景下，夏季時海風易受到地形舉升，於臺南之平原區與山區之斜坡上產生午後熱對流降雨。

臺灣南區氣象中心在地氣象人員經由長年觀測與預報服務的過程當中，對所處區域之天氣變化、氣候特徵及降雨特性，均已有區域性的概念模式，但通常缺乏量化的客觀數據、個案等佐證資料，來確認預報概念模式之適用度與準確度。而本研究主要目的為分析臺南地區弱綜觀天氣之相關降雨特性，建立量化的客觀數據，期望未來在地氣象作業人員互為檢核，確認在地氣象人員概念模式之正確性，進而輔助在地氣象人員執行區域預報服務。

二、資料來源及研究方法

本研究共挑選 2010-2016 年臺南地區資料較完整之測站做分析，如圖 1。

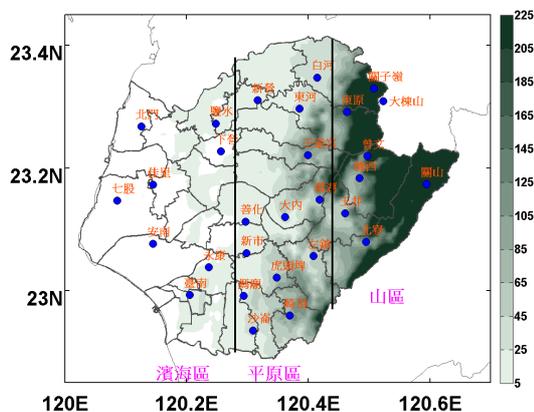


圖 1:臺南地區 29 個本研究測站位置與高度

圖 1 也顯示臺南地勢由西向東遞增，西邊濱海地區高度約在 20m 以下，中間為平原區，高度約在 50m 以下，再往東邊與南邊地勢逐漸增高，南邊地勢約在 70-110m 之間，東邊山區地勢明顯增加，除了山凹地區之玉井、環湖高度約 40m 以外，其餘測站均在 120m 以上，其中最高兩站分別是 403m 的關子嶺、1246m 的大棟山。依照地勢之分布，我們定義 120.28°E 以西為濱海區，120.28°E-120.44°E 之間為平原區，120.44°E 以東區域為山區，如圖 1 所示。

弱綜觀天氣包括海陸風與午後對流降雨，其中海陸風降雨主要發生地區為海陸交會之濱海區午後對流降雨在山區比平地更為顯著。在弱綜觀天氣形態下之降雨現象，影響降雨之因素包括風速、風向、濕度、溫度等，而這些變數之觀測結果均需與降雨量互為比對，期以歸納各地區、各測站影響降雨之關鍵氣象要素之特性。

臺南地區分為濱海區、平原區、山區，濱海區因靠近臺灣海峽，海陸風現象較為顯著，故將作為海陸風降雨之主要分析區域。山區則由於地勢高，午後對流最易發生，較其他二區更為顯著，故將作為午後對流降雨之主要分析區域。如圖 1 所示，濱海區將以北門、七股、臺南、安南等 4 站作為分析對象，山區則以玉井、北寮、關子嶺、東原、楠西、關山、曾文大棟山等 8 站為分析對象。

三、弱綜觀天氣降雨個案選取

本計畫將針對 2010-2016 年 4-10 月的弱綜觀天氣降雨事件進行分析，首先須在所有降雨個案中濾除強綜觀天氣事件，因此參考陳等(2009)、林等(2012)文獻定義後，得出本研究對弱綜觀日定義為剔除臺灣附近鋒面(天氣圖判別)綜觀尺度擾動、颱風及其外圍環流(天氣圖判別)綜觀尺度擾動、低壓及雲雨區移入性降水(降水回波判別)後所剩之日。上述鋒面、颱風、低壓-雲雨區之降雨日如下所判定：

(一)天氣圖判別降雨前一日 18Z(02 時)及當天 00Z(08 時)、06Z(14 時)、12Z(20 時)，只要低壓、颱風及其外圍環流之中心或接近正圓形閉合等壓線進入 20°-26°N，118°-123°E 之範圍，即算臺灣附近擾動之綜觀尺度天氣系統需剔除。

(二)依據天氣圖判別降雨前一天 18Z 及當天 00Z、06Z、12Z，只要鋒面進入 21°-25°N，119°-122°E 之範圍，即算臺灣附近擾動之綜觀尺度天氣系統，需剔除。

(三)依據降水回波判別降雨前一天 18Z 至當天 12Z(每 10 分鐘一張圖)，水氣移入或原地及附近生成雨帶移入不剔除，但大範圍遠方而來之雨帶(回波大於 30dBZ)移入臺南地區需剔除。

(四)在 4-10 月期間，另一個顯著之大尺度環流特性為西南氣流，本報告認定西南氣流天氣，參考 Chang and Chen(1995)定義及交通部中央氣象局預報中心使用時機，將西南氣流個案認定條件設為臺灣西南海域之 119°-120°E, 21°-23°N 範圍內所有網格點 850hPa 平均風向介於 200°~260°，平均風速大於 10.0m/s，且至少有一網格點 850hPa 風速大於 12.8m/s，上

主要峰值約發生於 5-6 時，例外者為北門站，從 5-6 時延後到 7-9 時，在稍後時段，約在 11-12 時有另一波較小之降雨發生。在雨量方面，臺南、七股、北門雨量比安南較大。

在對應的氣象條件分析方面，由於測站之資料含蓋程度有所差別，首先須先判定各測站資料之代表性是否足夠，在風向資料之眾數分布圖中北門無資料筆數超過 75.6%、安南超過 45.0%，其代表性均有所不足，故選取七股與臺南(無資料個數均在 1.5%以下)來分析。風向方面，表 4 顯示降雨時間序列中各時段之主要風向，臺南海陸風降雨前 1-4 時，主要為 SE，反應陸風特性，一直到 8-9 時變為 S 風，10 時後為 SSW 風；七股於 1-4 時均為 S 風，5-7 時均為 SE 風，8-11 時為 S 風。總結來說，偏南風分量及海陸風轉變為臺南濱海地區降雨之主要水氣來源機制。其他溫度濕度及風速方面，對應臺南站降雨個案與無雨個案之風速合成分布圖如圖 4 所示，有兩個案之風速皆比無兩個案略高、有兩個案之溫度皆比無兩個案略高、有兩個案之濕度亦皆比無兩個案略高。

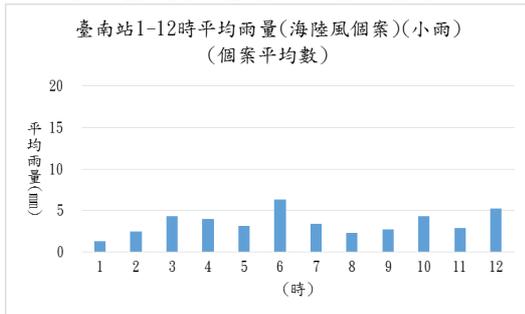


圖 2: 濱海區測站海陸風降雨之合成時間序列

表 4: 臺南站對應海陸風降雨之小雨個案和無雨個案

臺南站平均風向(海陸風個案)(小雨)											
1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時
S	SE	SE	SE	SE	SF	SF	S	S	SSW	SSW	SW

臺南站平均風向(海陸風個案)(無雨)											
1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時
靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	W	NW
NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N		

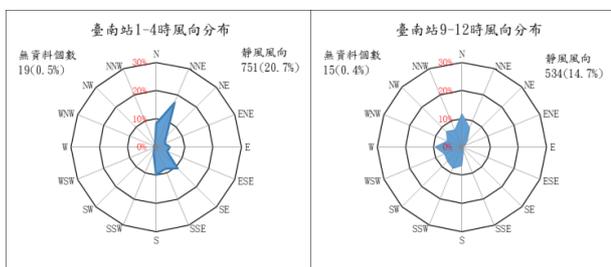


圖 3: 濱海區測站所有弱綜觀日之風向分布圖

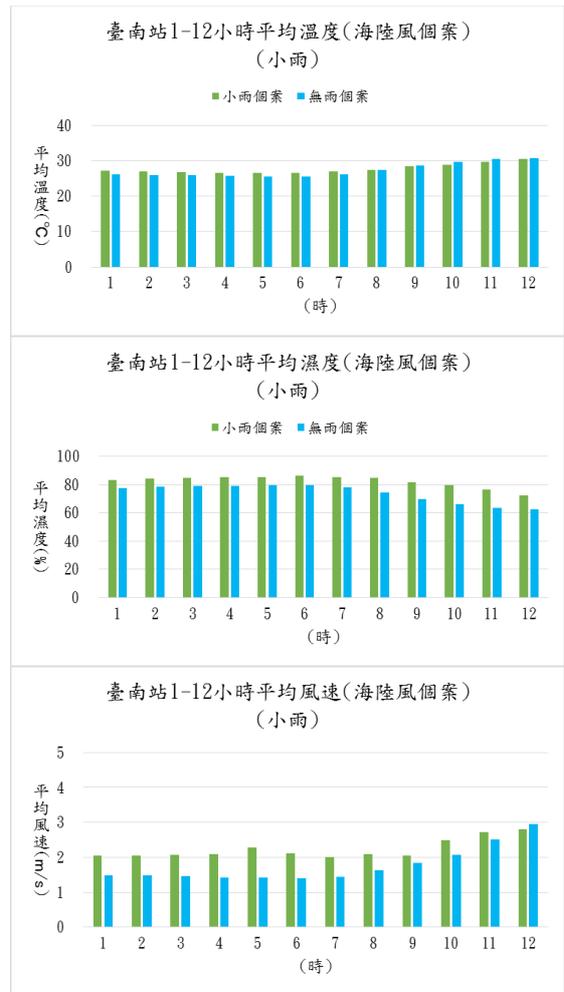


圖 4: 臺南站對應海陸風降雨之小雨個案與無雨個案之溫度濕度及風速合成時間序列

(二) 山區午後對流降雨特性分析

山區共有 8 個測站，其午後對流降雨(僅 13-20 時有雨)小雨個案之合成分析以北寮為例如圖 5 所示，其降雨特性呈現兩個峰值，一個約在 15-17 時，降雨於 13-17 時呈現遞增現象，然後逐步遞減。大雨個案之合成平均以北寮為例如圖 5 所示，降雨呈現兩階段現象，第一階段約在 14-17 時，第二階段約發生在 19-20 時，第二階段之降雨現象於關山、曾文、大棟山並未發生。

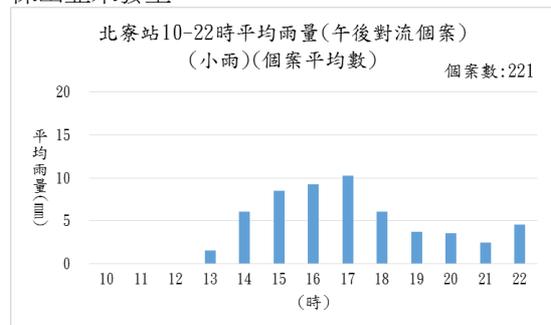


圖 5: 北寮站午後對流降雨之小雨個案合成分時間序列

上述八站中，東原、楠西、關山、大棟山之風向分佈資料欠缺比例均超過 80%，缺乏足夠代表性，故不進行分析。故後續分析將著重於玉井、北寮、關子嶺、曾文等四站之降雨個案相關氣象條件分析。

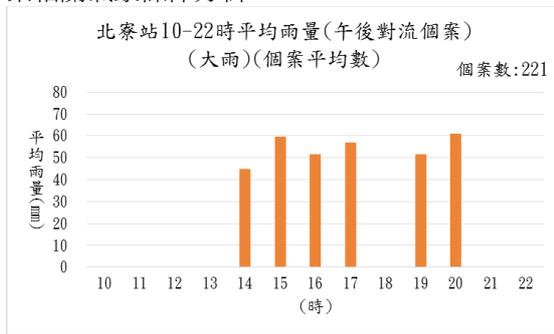


圖 6: 北寮站午後對流降雨之大雨個案合成時間序列

對應上述 4 個測站之小雨、大雨個案與無兩個案之 8-22 時溫度合成平均如圖 6 所示。從上述分析中可以看出山區午後對流之小雨與大雨所對應之氣象條件呈現某種系統性的差異，大雨個案於降雨前之溫度略高、濕度略高、風速接近，此機制反應山區午後對流降雨強度變化明顯受到熱力相關機制之影響。

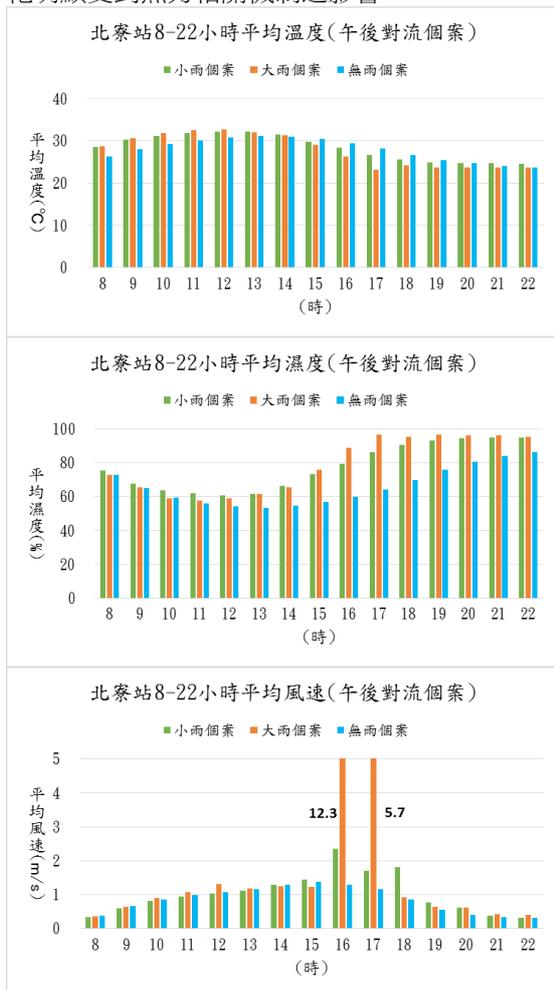


圖 7: 北寮站對應午後對流降雨之小雨與大雨和無兩個案之溫度、濕度及風速合成時間序列

表 5: 北寮站對應午後對流降雨無雨、小雨和大雨個案

北寮站平均風向(午後對流個案)(無雨)														
08時	09時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時
靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風
WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WSE	WSE

北寮站平均風向(午後對流個案)(大雨)														
08時	09時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時
靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W

北寮站平均風向(午後對流個案)(大雨)														
08時	09時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時
靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風	靜風
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W

五、結論

本期中報告以臺南地區弱綜觀天氣之降雨特性為分析對象，探討其發生概率與對應之氣象條件，所定義之弱綜觀天氣係排除低壓/颱風外圍環流、鋒面、移入雨帶、西南氣流等四種強綜觀天氣現象，並將降雨分類為海陸風降雨(僅 5-12 時下雨)與午後對流降雨(僅 13-20 時下雨)等兩類進行分析。在 2010-2016 年 4-10 月之期間進行分析，分析結果顯示在此期間之弱綜觀日約佔總天數之 60.7%，其中海陸風降雨在濱海區最為明顯，午後對流降雨在山區最為顯著，因此降雨個案分析著重於濱海區與山區。在濱海區的海陸風降雨主要都是小雨個案降雨天數約為所有弱綜觀日之 3-5%。臺南、七股、安南之降雨合成時間序列顯示海陸風降雨之主要峰值約在 5-6 時。氣象條件之合成分析顯示，偏南風分量及海陸風轉變為臺南濱海地區降雨之主要水氣來源機制。其他溫度濕度及風速方面，對應臺南站降雨個案與無兩個案之風速合成分布圖顯示，有兩個案之風速皆比無兩個案略高、有兩個案之溫度皆比無兩個案略高、有兩個案之濕度亦皆比無兩個案略高。

山區八個測站(玉井、北寮、關子嶺、東原、楠西、關山、曾文、大棟山)之午後對流降雨，約佔所有弱綜觀日之 21-33%，以關子嶺 33%，大棟山 30% 為較高，其小雨個案之時間序列於 13-16 時或 13-17 時呈現遞增，隨後遞減至 20 時，然後在 21-22 時又增強，呈現兩個峰值，分別位於 16-17 時與 21-22 時。大雨個案則於 14-17 時或 15-18 時呈現主要降雨時段，另在 19-20 時有另一個降雨時段，例如玉井、北寮、關子嶺、東原、楠西均呈現此特性但關山、曾文、大棟山則在 18 時以後未有大雨發生。對應上述 4 個測站之小雨、大雨個案與無兩個案之 8-22 時溫度合成平均圖顯示，可以看出山區午後對流之小雨與大雨所對應氣象條件呈現某種系統性的差異，大雨個案於降雨前之溫度略高、濕度略高、風速接近，此機制反應山區午後對流降雨強度變化明顯受到熱力相關機制之影響。

在分析中顯示兩個例外現象，濱海區之海陸風降雨，北門站主要發生時間位於 7-9 時，比其他測站之 5-6 時延後。山區關子嶺站之午後對流降雨，無兩個案之濕度於降雨發生前之 8-12 時比有兩個案略高，但在降雨發生後也比有兩個案為高，無兩個案之風速於降雨發生前之 8-12 時，比有兩個案略高，上述濕度與風速之變化特性與山區其他測站呈現略低之現象有所不同。上述這兩站之降雨特性與氣象條件變化特性之例外變化，其相關成因值得進一步探討與確認。

分析中所使用之臺南地區之氣象條件(風速、風向、溫度、濕度)，於小雨、大雨、無兩個案中，雖呈現部分系統性差異，但差異程度不是很顯著，因此必要時將修正相關統計定義或加入其他檢核項目，以產出有助於預報之檢核表。所以未來可考慮增加臺南地區以外之氣象條件分析，例如馬公或屏南之探空資料或者小琉球之溫度資料(分析海陸溫差)，藉以比對臺南地區降雨上游地區之氣象條件變化特性以進行較大範圍之對比分析，期以獲得較顯著之差異特性，協助降雨條件檢核表之建置。

參考文獻

- 林品芳、張保亮、周仲島，2012：“弱綜觀環境下臺灣午後熱對流特徵及其客觀預報”，大氣科學，40 卷，77-108。
- 侯昭平、范凱翔，2014：“臺灣中部環流導致劇烈降水之數值研究”，103 年中央氣象局天氣分析與預報研討會。
- 陳泰然、楊進賢，1998：“臺灣梅雨期豪雨之時空分布特徵”，大氣科學，16 卷，151-162。
- 陳泰然、周鴻祺、張子琦、劉志信，2001：“梅雨季臺灣北部地區鋒面型與非鋒面型午後熱對流研究”，大氣科學，29 卷，37-52。
- 陳泰然、張子琦，2002：“梅雨季臺灣中北部地區豪(大)雨之氣候特徵研究”，大氣科學，30 卷，171-186。
- 陳泰然、王重傑、張智昇、王子軒，2005：“梅雨季臺灣中部地區降水與豪(大)雨之中尺度氣候特徵”，大氣科學，33 卷，49-76。
- 陳泰然、周鴻祺、廖佩娟、楊進賢，2009：“暖季弱綜觀強迫下中北臺灣午後熱對流的氣候特徵”，大氣科學，37 卷，69-108。
- 陳鑫浩、林博雄，2015：“臺灣環島海陸風指標建立及其特性分析”，104 年中央氣象局天氣分析與預報研討會。
- Chang, C. P., and G. T. Chen, 1995: “Tropical circulation associated with southwest monsoon onset and westerly surges over the South China Sea”. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 3254-3267.
- Chen, T. C., M. C. Yen, J. C. Hsieh, and R. W. Arritt, 1999: “Diurnal and seasonal variations of the rainfall measured by the automatic rainfall and meteorological telemetry system in Taiwan”. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 2299-2312.
- McPherson, R. D., 1970: “A numerical study of the effect of a coastal irregularity on the sea breeze”. *J. Appl. Meteor.*, 9, 767-777.

致謝

感謝中央氣象局臺灣南區氣象中心吳福悠主任、謝章生副主任及氣象預報中心林秉煜技士給予本研究的本貴意見，本研究於科技部計畫「發展小區域災害性天氣即時預報系統」支助下完成。