

台灣地區非颱風降雨極端個案特徵初探

李雅娟¹ 李天浩² 蔡孝忠³

1. 台灣大學土木工程學研究所水利組碩士
2. 台灣大學土木工程學系副教授暨水工試驗所副研究員
3. 台灣大學土木工程研究所水利組博士候選人

摘要

本研究使用台灣 85 個雨量測站、1980 年~2004 年期間的日雨量觀測紀錄，去除颱風日的降雨資料，分析非颱風降雨的主成份，並且以降雨距平累計指標找尋特殊降雨時段，分析同時段五日平均氣壓高度場距平、台灣周圍風場等，理解這些因素與台灣降雨型態變異的關聯性。研究結果顯示，找出連續多雨和少雨、時間長達 90 天的時段，都發生在冬春季，夏季不易連續多雨和少雨。最多雨的三個時段都與聖嬰年有關，最少雨的三個時段中，一個是反聖嬰年降雨量偏少時，台灣氣壓多較正常年為高；多雨年時，氣壓較正常年為低，且風向距平為西南風。聖嬰和反聖嬰造成多雨和少雨期間，台灣地區仍然受到大陸與海洋擾動的影響，唯輻合與鋒面出現的機率改變。

關鍵詞：非颱風降雨、主成份分析、調合分析

一、前言

在地理位置上，台灣東方為世界第一大洋—太平洋，西邊則靠近亞洲大陸，海陸對比的特性相當顯著；就環流場的位置而言，台灣處於東亞地區永久與半永久活動中心之交界帶上，使得夾雜在這樣空間和環流配置下的台灣，具有特殊的天氣與氣候特性。東亞地區的永久與半永久活動中心的系統配置，長期則提供氣候環流場的特性；這些活動中心隨季節或和年際的短期加強、減弱、進退，則可以影響季風系統、盛行風向、熱帶擾動及水氣傳送等現象(戚啓勳, 1955)。

戚啓勳(1969)研究台灣降雨分佈指出，降雨主要受到盛行風影響，年平均雨量主要為夏季與冬季之合成。冬季時台灣在亞洲大陸上強大西伯利亞高壓的東南緣，全島盛行東北季風，氣流在台灣東北部遇地形抬升，雨區主要在台灣東北部和東部地區，日雨量不大，雨日較多，東北部是典型的冬雨區；在中央山脈以西的中南部地區，則基本維持晴朗乾燥的天氣，造成台灣地區冬季降雨在南北上顯著不同的特徵(Chen and Chen, 2003)。夏季則台灣位於大陸低壓的邊緣，在弱暖濕西南氣流的控制之下，氣流遇地形後抬升降雨；其次，由於臺灣緯度較低，下墊面加熱強烈，所以夏季的午後雷陣雨非常頻繁。台灣雨量之顯著異常，與東亞活動中心的位置和強度關係密切(戚啓勳, 1955)。除了冬夏兩種季風類型帶來的降雨外，在西平洋所生成之颱風，受到太平洋副熱帶高壓南緣東南氣流導引下常侵襲台灣，為台灣夏秋季主要降水來源之一。

近幾十年來台灣的年降雨日數有漸漸減少的趨勢(張琬玉, 2004)，而近幾年，乾旱現象的發生越來越頻繁，水資源缺乏之嚴重性亦相對提高。陳昭銘與汪鳳如(2000)的研究顯示，台灣春、夏、秋季氣候都有變熱、變乾的長期趨勢。Nitta and Hu(1996)的分析亦顯示東亞地區東南部近幾年氣候上有轉乾、轉熱

之情形。除了台灣地區，亞洲其他地方、澳洲及非洲發生乾旱的強度與頻率在近十年亦有增加的趨勢(IPCC, 2001)。如此大範圍的乾旱現象顯示，台灣區的乾旱應屬於全球性氣候變異的一部份(陳雪蘭與盧孟明, 2002)。

過去在水文、水利領域對於異常降雨與乾旱的研究，多利用降雨觀測資料，以時間序列的定律或序率方法，分析台灣的降雨趨勢變化、週期特性或自相關行為，並以研究結果進行推論。台灣地區的降水與海氣環境條件關聯性的研究，在大氣科學的領域已有許多研究成果。本研究試圖從台灣地區雨量資料歷史紀錄著手，找出連續多雨或連續少雨的特殊降雨時段，呈現與分析當時台灣周圍的風場與氣壓場，以了解台灣地區多雨或少雨時段的大氣環境條件；其次，再蒐集相關文獻，判斷這些異常降雨時段是否受到某些綜觀尺度上顯著的海洋大氣因素所支配。例如，吳明進與陳圭宏(1996)提出 ENSO 事件與台灣降雨有關聯性存在；朱錦紅等(2004)認為東亞環流是直接影響台灣降雨重要因素等。

本研究與相關氣候研究的主要差異是在分析的時間尺度為水文相關的一日到五日平均。分析多雨或少雨時段時，保留原始的日雨量紀錄；分析特殊降雨時段台灣附近的大氣環境變化時，選用五日的平均；時間尺度比一般「短期氣候」研究採用的旬平均或月平均為短。透過較高的時間解析度，嘗試了解季節性氣候趨勢下的天氣變異對於日雨量的直接影響。整個特殊降雨時段與東亞環流氣候尺度變異的關聯性、發生原因的探討、及其支配的海氣因素，則非本研究的重點，是以查詢氣候領域相關文獻取得。

二、研究方法

本研究使用 1980 年~2004 年期間台灣 85 個雨量測站的日雨量觀測紀錄，台灣周圍(117.5°-125°E、20°-27.5°N)風場和 90°-170°E、0°-60°N 範圍內的壓

力場，分別採用美國 NCEP/NCAR (國家環境預報中心/國家大氣研究中心) Re-analysis1 數據庫的 850 百帕風場資料，以及 850 百帕高度場資料；空間解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，時間解析度為日。

台灣地區每年由颱風所帶來之偶發性降雨總量，會隨著颱風實際侵台數目而有所變化，導致台灣總降雨量變異性很大；分析歷史降雨資料時，先排除日雨量資料中偶發性、總量大的颱風雨，再找出非颱風雨紀錄的偏多和偏少特殊時段。

分析方法分為主要四個部份：1. 分離颱風雨：參考陳與汪(2000)所提出的排除方式：當颱風中心進入台灣本島四周 3 度範圍內時(即 $117^{\circ}-125^{\circ}\text{E}$ 、 $19^{\circ}-28^{\circ}\text{N}$)，即假設當日之降雨為颱風降雨。颱風中心位置資料中，1980-2000 年採用美國聯合颱風警報中心(JTWC)的最佳路徑資料(Best Track)，2001-2004 年因為 JTWC 的最佳路徑資料在分析時尚未上網，乃採用 Unisys 公司的資料(weather.unisys.com/hurricane/)。2. 主成份分析：對 85 站(圖 2)、8627 筆的「非颱風雨」日量時間序列進行主成份分析 (PCA, Principal Component Analysis)，取前三個主要成份，計算三個主成份分量的時間序列，以利後續分析。3. 累計距平分析(計算流程圖請見圖 1)：對三個主成份時間序列之氣候值進行調和分析，計算三個主成份分量與各自調和序列的差值，將差值作標準化與 31 天等權重移動平均後，依序判斷差值之正負進行累加；當累計距平值與差值為相同符號時，則繼續作累加；而當不同符號時，則累計距平值則重新進行累加。分別計算日雨量正負距平的累加值，找出 1980 年~2004 年非颱風雨的「多雨」或「少雨」時段。4. 天氣關聯性：找出「多雨」或「少雨」時段 850hpa 高度場、850hpa 風場與非颱風降雨的全時段氣候值與距平值，以及五日平均氣候值與距平值，分析造成台灣地區多雨或少雨的環流型態。

本研究結構如下：三、首先簡介分析資料的統計方法，包括主成份分析、調和分析與累計距平分析，篩選出三個連續多雨和三個連續少雨的特殊降雨時段。四、將分析特殊降雨時段的中尺度風場距平、氣壓高度場距平和綜觀尺度的氣溫距平，建立彼此相關性，以探討台灣地區的降雨情況，是受哪些因素影響。五、總結本論文的研究成果。

三、非颱風降雨之分析

本研究分析 85 個雨量測站、8627 筆非颱風降雨日的多變數時間序列資料，主要使用(1)主成份分析找出台灣地區降雨的主成份，(2)調和分析決定主成份分量時間序列，(3)累計距平分析的三種統計方法。

主成份分析結果主要採前三個主成份(圖 3~圖 5)，為：第一主成份解釋 38% 的變異量，全台特徵向量係數符號都相同，代表全台降雨量具有同升同降的特性，且極大值出現在西南部之山區，則表示台灣西南部雨量變化量較大；第二主成份解釋 14% 的變異量，台灣東北部與西南部係數符號相反，最大正值(或負值)中心位於台灣東北部山區，顯示東北部與西南部呈現反相位(out-of-phase)型態；第三主成份解釋 8% 的變異量，台灣東部與西部係數符號相反，最大正值(或負值)出現在東部沿海，呈現台灣東-西反相型態。但受限於環境場的空間解析度不足與主要分析為東北與西南

差異，因此第二主成份與第三主成份即不列入後續分析。

利用調和分析方法將第一主成份時間序列的氣候值進行平滑化，並透過累積距平分析篩選特殊的降雨時段(圖 6)，藉由設定累計值顯著且累積天數大於 90 天，再搭配相關選文獻將三組多雨時段與三組少雨時段篩選出，三個多雨時段為 1982/10/31 ~ 1983/04/09 (圖 7)、1991/11/21 ~ 1992/03/25 (圖 8)與 1997/12/31 ~ 1998/03/25(圖 9)，皆與聖嬰有關係，三個少雨時段為 1999/01/07 ~ 1999/04/23 (圖 10)、2001/12/20 ~ 2002/05/19 (圖 11)與 2003/01/12 ~ 2003/03/24 (圖 12)，一為反聖嬰年，另兩個為顯著的乾旱年，六段時間都為冬春之際。

四、特殊降雨時段海氣環境分析

分別以各三場多雨事件與少雨事件之氣象觀測資料為例，藉由風場、氣壓高度場和降雨資料，就大尺度氣象變化趨勢說明各區域三種氣象現象對應關係，並搭配月氣溫場與月氣壓高度場，試圖建立特殊降雨事件與異常氣象現象間之關係。在分析過程中，為了清楚呈現異於正常狀態的氣象資料，本章將各特殊降雨事件氣象資料將利用距平(anomaly：當時狀況減去氣候值)方式處理，突顯各項資料偏離平均狀態之程度，更加容易觀察偏態的現象。

依主要影響台灣降雨之天氣型態，主要可歸納為五類：高壓籠罩、輻合或鋒面邊緣、地形、正常與其他，其中，由於高壓籠罩可以明顯造成全台少雨，而風向的輻合或是鋒面位於台灣附近都會造成台灣偏多降雨，且台灣的天氣相當多變化，無法一直維持都一天氣型態，因此，本研究將以高壓籠罩與輻合或是鋒面邊緣於該特殊時段所出現的頻率，歸納當時段為多雨或為少雨狀態。出現頻率請參考表 1。

從三個多雨時段可以明顯發現，出現輻合或鋒面邊緣的機率遠高於出現高壓籠罩機率，因此與多雨時段相當符合；而這些時段在 niño 的月氣溫都是持續正距平，與西邊的負距平呈現反相位，即是所謂的聖嬰現象，故亦可推斷此三段時間亦是與聖嬰存在些許關係。三個少雨時段，高壓籠罩的出現機率，遠高於出現輻合或鋒面邊緣型態的機率，與多雨時段亦可相互呼應，其中，1999 年似乎與反聖嬰有存在些許關係，而 2002 與 2003 年沒有明顯的聖嬰的訊號，台灣附近氣溫較為偏高。

五、結論

非颱風降雨的主成份分析顯示：(1)第一主成份解釋 38% 變異量，且其特徵向量全台各測站的係數符號皆相同，代表全台降雨量具有同升同降的特性；極大值出現在西南部之山區，表示台灣西南部雨量變化量較大。(2)第二主成份解釋 14% 變異量，特徵向量係數在台灣東北部與西南部的符號相反，最大正值(或負值)中心位於台灣東北部山區，顯示東北部與西南部呈現反相位(out-of-phase)型態。(3)第三主成份解釋 8% 的變異量，特徵向量係數台灣東部與西部的符號相反，最大正值(或負值)出現在東部沿海，呈現台灣東-西反相型態。和氣候空間尺度比較，台灣相對狹小，同時受限於氣象資料的空間解析度不足以呈現台灣東北、西

限於氣象資料的空間解析度不足以呈現台灣東北、西南的差異，以及台灣東、西兩側的差異，故於進行降雨量和天氣關聯性分析時僅採用第一主成份時間序列。

篩選特殊降雨時段的標準，主要是以累計指標之絕對值具有顯著差異，且累積天數達到 90 天以上為準則：三組多雨時段分別為：1982/10/31 ~ 1983/04/09、1991/11/21 ~ 1992/03/25 與 1997/12/31 ~ 1998/03/25；三組少雨時段分別為：1999/01/07 ~ 1999/04/23、2001/12/20 ~ 2002/05/19 與 2003/01/12 ~ 2003/03/24。

透過多雨和少雨各三場事件，配合五日平均之氣壓高度場、風場及環境氣溫場月資料的案例分折，可了解風場與氣壓與大尺度天氣相對應，是直接影響台灣降雨的因素；無論是多雨或是少雨時段，台灣地區降雨皆受環境場與海氣所支配。關於台灣特殊降雨事件和台灣周圍風場，氣壓高度場變化，以及東亞或太平洋地區整體的大尺度氣象系統變化的關連分析，獲得以下結論：a.三個多雨時段：台灣多位於 850hPa 高度場正負距平較小的區域，台灣以西為負距平，有鋒面在台灣附近，且受到西南風距平或西風距平的影響，將鋒面水氣引進台灣，因而產生降雨偏多的情形。另外，當冬春之際大陸冷高壓未出海時，將大陸的乾冷天氣推向台灣，台灣地區多為東北風、天氣冷溼。當台灣冬春之際多雨時，niño 3.4 持續為正距平，可知這些多雨時段和聖嬰現象具有相關性。b.三個少雨時段：1999 年可能因為受到反聖嬰現象的影響，造成台灣於一月至四月呈現少雨狀態，與 Chen(2003)認為春雨和反聖嬰現象似乎存在關係的看法相符；2002 年主要受到東亞主槽與大陸冷高壓偏弱原因，導致台灣降雨明顯偏少，聖嬰現象並不明顯；2003 年冬春之際台灣亦是受到高壓系統所主導而出現少雨。台灣附近區

域的氣壓高度場與氣溫在以上三個時段亦出現明顯正距平的現象。

參考文獻

1. 戚啓勳，台灣冬夏雨量偏差與東西環流之關係，氣象學報，第一卷第一期，pp.3-16，1955
2. 戚啓勳，台灣之雨量分布，氣象學報，第 15 卷第三期，pp.26-47，1969
3. 張琬玉，台灣颱風季乾旱與大尺度環流場的關係，國立台灣大學大氣科學所碩士論文，2004
4. 陳昭銘、汪鳳如，台灣地區長期暖化現象與太平洋海溫變化之關係，大氣科學，第二十八期，pp.221-242，2000
5. 陳雲蘭、盧孟明，2002 年上半年台灣地區乾旱時期氣候特徵，天氣分析與預報研討會(91)，pp.19-25，2002
6. 吳明進、陳圭宏，聖嬰/南方震盪(ENSO)現象對台灣短期氣候變化影響之研究—春雨部份。中央氣象局氣象委託研究計畫報告，pp.219-252，1996
7. 朱錦紅、柯文雄、許晃雄，台灣降水變化研究回顧—氣候分區、降水與東亞大氣環流之關係，全球變遷通訊雜誌，第三十六期，pp.28-37，2002
8. 陳昭銘、汪鳳如，台灣地區降雨之長期變化特性—秋雨之準二十年震盪，大氣科學，第二十四期第四號，pp.343-360，2000
9. Chen, Ching Sen, "The Rainfall Characteristics of Taiwan.", *Monthly Weather Review*. 131, 1323-1341
10. Nitta, T., and Z. Z. Hu, "Summer climate variability in China and its association with 500hPa height and tropical convection." *J. Meteor. Soc. Japan*, 74 (4), 425-445., 1996

表 1.各特殊降雨時段的主要天氣型態影響出現頻率

特殊降雨時段	特徵	出現頻率	
		高壓籠罩	輻合或鋒面前緣
1982(62-Pentad)~1983(19-Pentad)	多雨	8	18
1991(66-Pentad)~1992(17-Pentad)	多雨	3	12
1998(1~16-Pentad)	多雨	2	12
1999(3~22-Pentad)	少雨	9	6
2001(72-Pentad)~2002(27-Pentad)	少雨	19	6
2003(4~16-Pentad)	少雨	6	2

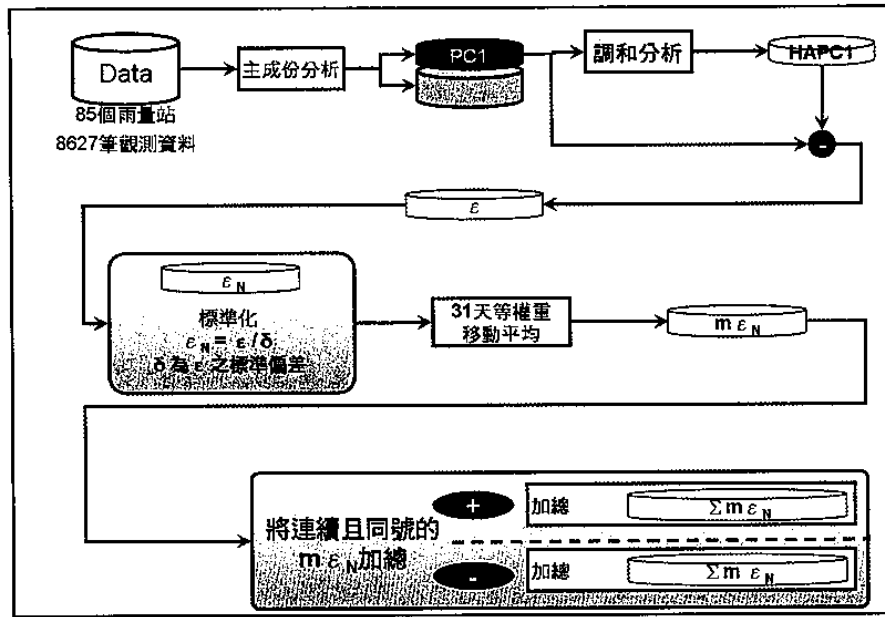


圖 1. 累計距平分析之運算過程

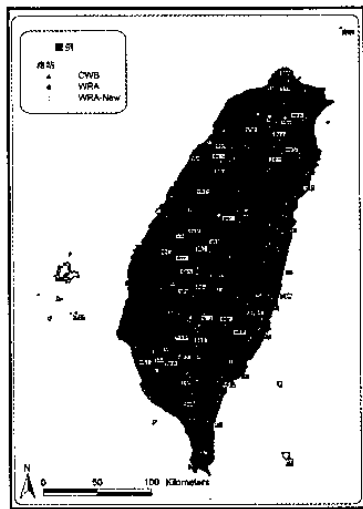


圖 2. 本研究採用的氣象觀測站和雨量觀測站位置圖

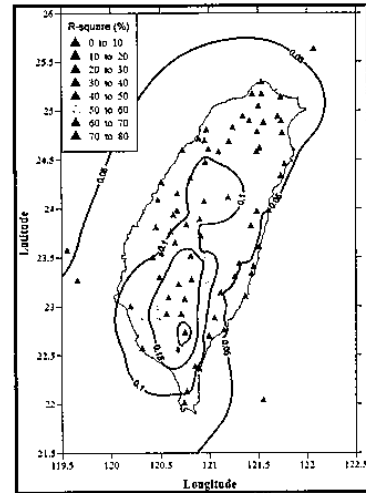


圖 3. 非颱風降雨之第一主成份分析結果。其中，等值線代表特徵向量，繪於測站位置的顏色代表該主成份與測站的相關程度(R-square,%)

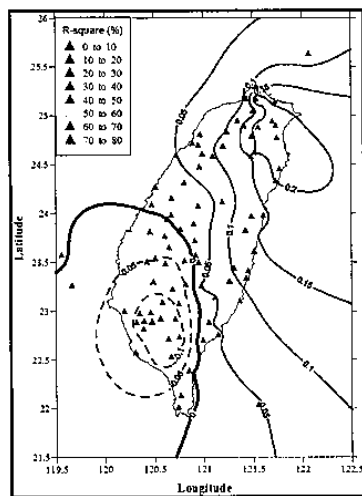


圖 4. 非颱風降雨之第二主成份分析分佈圖

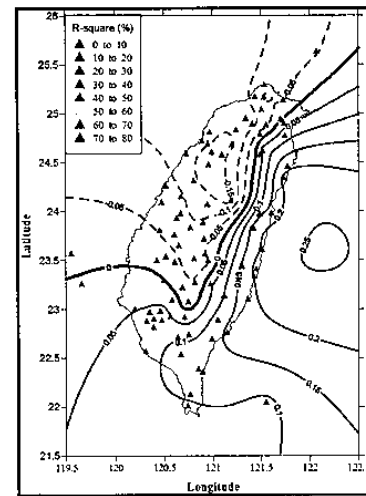


圖 5. 非颱風降雨之第一主成份分析分佈圖

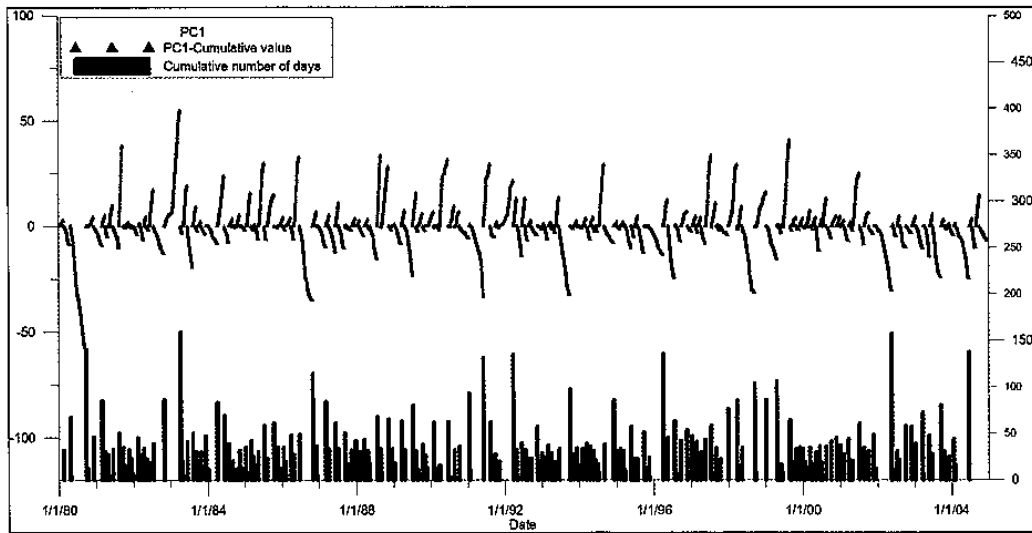


圖 6. 降雨累計距平與累積天數變化圖

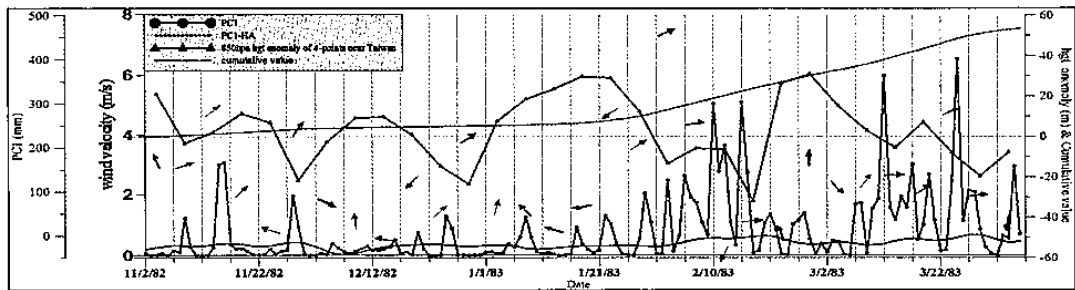


圖 7. 多雨時段 1: 1982(62-Pentad)~1983(19-Pentad)之降雨量 PC 1、風場與高度場平均特性

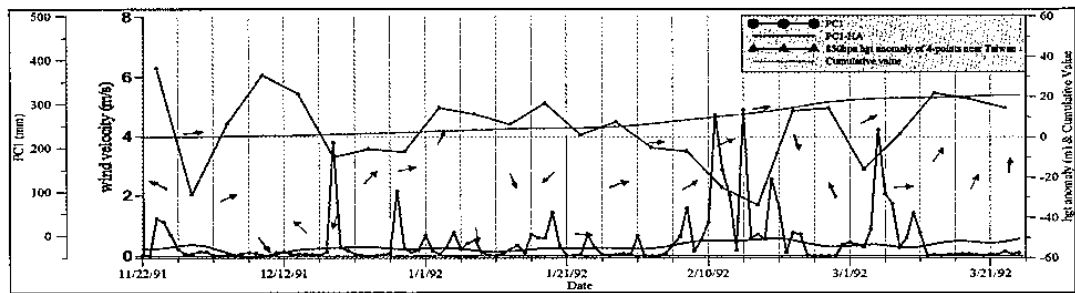


圖 8. 多雨時段 2: 1991(66-Pentad)~1992(17-Pentad)之降雨量 PC 1、風場與高度場平均特性

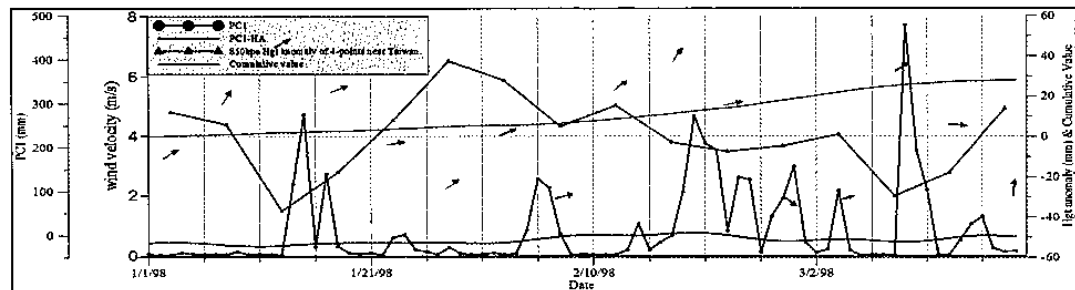


圖 9. 多雨時段 3: 1998(1~16-Pentad)之降雨量 PC 1、風場與高度場平均特性

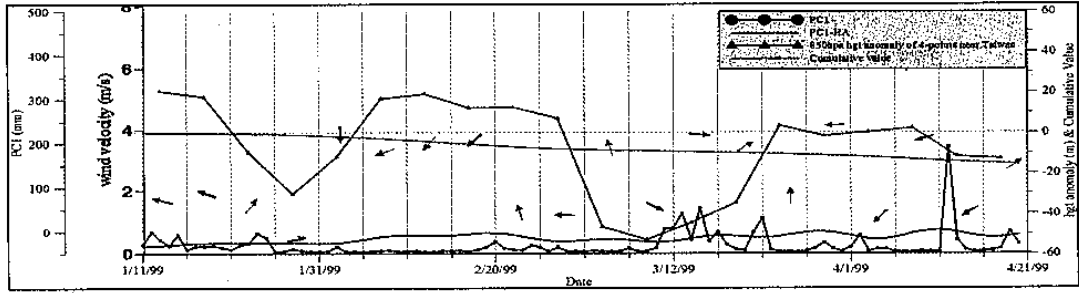


圖 10. 少雨時段 1: 1999(3~22-Pentad)之降雨量 PC 1、風場與高度場平均特性

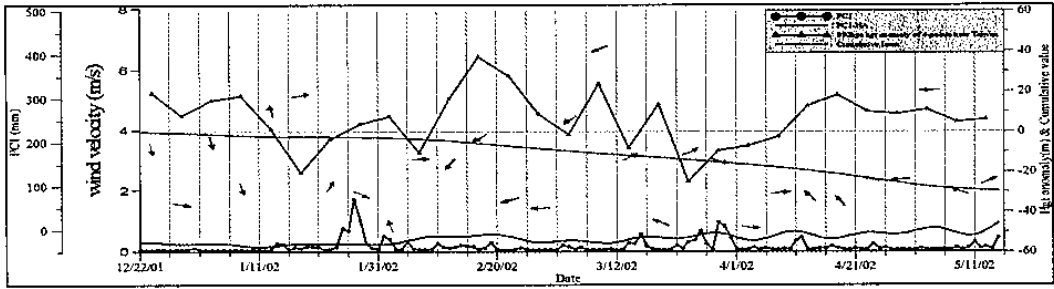


圖 11. 少雨時段 2: 2001(72-Pentad)~2002(27-Pentad)之降雨量 PC 1、風場與高度場平均特性

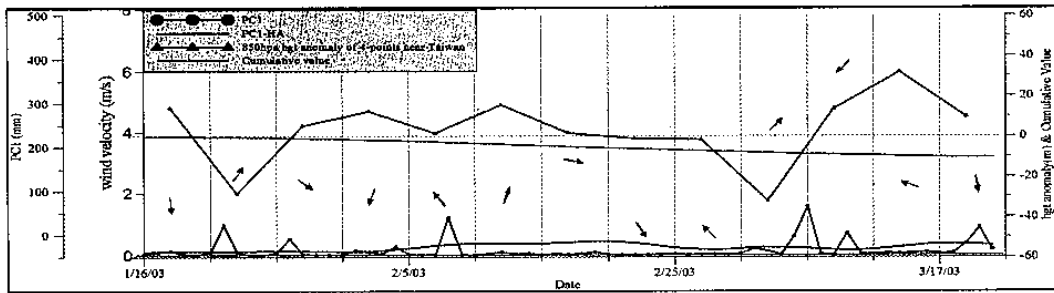


圖 12. 少雨時段 3: 2003(4~16-Pentad)之降雨量 PC 1、風場與高度場平均特性