

ENSO 期間大氣環流的變異與臺灣氣候的反應

林民生 鄭 俠

中央氣象局氣象科技研究中心

摘 要

本研究分析最近40年內之1951、53、57-58、63、65-66、69、72-73、76-77、82-83、及86-87等十次程度不同的 ENSO 個案期間熱帶太平洋區之海水溫度、南方振盪指數、850、200毫巴風場。經統計比較 ENSO 與非 ENSO 期間內臺灣地區之月平均溫度、月降水量，已闡明 ENSO 異常環流與異常氣候間之遙地相關和可預報度。

經探討獲知 ENSO 事件係由海水溫度、大氣環流之回饋過程而形成氣候的變異，隨著 ENSO 的強弱而有程度不同的變化。針對冬春季降水和氣溫、梅雨季雨量和夏季颱風發生之頻率所作之分析，皆顯示出 ENSO 年和非 ENSO 年間之明顯差異。尤其冬季溫度、春季降水及夏季颱風發生次數之延遲相關較為密切而呈現較佳的成效。並進一步以自然季節的觀念探討臺灣氣候於 ENSO 期間內變異因素，以明瞭季節預報的可預報度和 ENSO 對臺灣氣候反應的掌握度。

一、前言

1983年台灣地區冬季氣候出現異常潮溼現象，普遍性降水從元月延續至四月，各地區2月份降雨量達氣候值之3到5倍；然而當年梅雨季節，反而雲收雨歇，降雨量不及氣候值之一半。誠然，預報人員將此異常氣候歸咎於所謂的 ENSO 事件 (El Nino and Southern Oscillation)。但證之於1958、1966、1973及1977等 ENSO 年之氣候資料，彼時台灣地區冬春季均屬偏乾；ENSO 對於台灣氣候的影響程度如何，已喚起氣象界廣泛的關注。

ENSO 對於大氣環流的影響，Rasmusson and Carpenter (1982) 曾討論 ENSO 演化過程中中低緯度環流的影響及反應，Arkin (1984) 對有關高層西風層之反應研究以及相對應的能量轉換論著，均已指出 ENSO 事件中之海洋一大氣偶合系統的重要性

。然而每一次之 ENSO 之物理過程及對各區域性的環流、氣候影響是否一致而有可預期性，更值得地區性預報的期待與關切。

WMO(1984) 指出 1983 年之 ENSO 曾導至印尼、印度、菲律賓、澳大利亞、巴西東北部、伊索匹亞、南非等地之乾旱，以及巴西南部、秘魯、厄瓜多爾之暴雨洪患；且形成蘇俄、加拿大之暖冬，中國東北的冷冬現象(圖1)。臺灣地區雖鄰上述乾旱區，但事實是否如此單純呢？Trenberth (1984) 指出大溪地和達爾文間年平均氣壓有-0.79 之高度負相關，因此以此兩地之月平均氣壓差值來計算南方振盪指數 (SOI) 頗具代表意義；但由此指數針對 ENSO 期間各區域不同季節溫度和雨量的詳細分析或預報，則更引起區域性長期預報員的興趣。譬如於 1987 年 TAMEX 期間，適逢另一次 ENSO 年，其梅雨不顯之事實及和往年 ENSO 又不盡相同的降雨型

態，即引起科學家對 ENSO 存在的重視。而 ENSO 年之西太平洋颱風發生頻率甚至平均路徑，是否有異常現象及可預期性，更令人盼望探討。本文之目的除了闡釋 ENSO 對大氣環流產生之變異現象或颱風發生頻率改變外，特別著重於 ENSO 與臺灣不同季節氣候間之遙地相關，並分析其可預報度，以供季節預報之參考。

二、資料與分析方法

本研究所應用之資料，重要者有以下幾種：

- (一) 1951-1991 年全臺灣地區之月平均溫度和月雨量。
- (二) 1951-1991 年之西北太平洋地區颱風發生頻率、海水溫度和距平、南方振盪指數。
- (三) 1951-1991 年間之 ENSO 個案年之月平均地面、500 及 200 毫巴面高度圖。

本研究之分析步驟如下：

- (一) 採用 SOI 為分析 ENSO 事件之根據。
- (二) 比較十次 ENSO 事件年份之平均大氣環流特色與差異，並以 1982—83 年為例說明 ENSO 演化期之大氣環流變異。
- (三) 統計 SOI 與台灣地區月平均溫度和月降雨量之同時相關及延遲相關。
- (四) 分析 ENSO 與非 ENSO 事件年份，西北太平洋地區颱風發生頻率之差異。

三、ENSO 期間大氣環流的變異

根據 Glantz (1991) 評介指出，ENSO 事件之演化過程源起於東太平洋赤道附近的海水溫度增高，導致原為西高東低之太平洋海溫梯度減弱，以致 Walker 東西環流減弱，低緯度貿易風減弱，東太平洋赤道附近區之湧升流減弱，進而影響海流強度，並形成大氣環流的變異。有些 ENSO 事件則起源於中太平洋赤道區海水增溫，由西向東之反赤道海流 (counter current) 增強，暖海水東移擴展，進而影響大氣環流，以及隨之地面氣壓場、風場及降雨之改變。這種東赤道太平洋區之海水增溫現象 (El Nino) 平均 2 - 10 年一次。至於所謂南方振盪 (Southern Oscillation)，起源於南半球東西太平洋間氣壓之規律性升降互動關係。Trenberth (1984)

) 指出澳洲達爾文與南太平洋大溪地島間月平均氣壓存在有 -0.79 之高度負相關。雖然 EN 和 SO 常並談，但亦非每次 EN 和 SO 之變化一致；此亦是造成每次 ENSO 事件，縱使西太平洋區海溫變化很小，但引起之輻合區域常位移數千公里，兩區也相對應的改變其分布，造成季節預報的不確定性。

(一) ENSO 年赤道區的變異環流

當秘魯外海海溫升高後，其後續之海溫距平、對應之射出長波輻射 (OLR) 及各層赤道區東西分風之改變幾乎是模式化的 (圖 2 - 4)。但就整體赤道太平洋區而言，情形遠比東太平洋區複雜。因為西太平洋有顯著的黑、靛潮活動，且東太平洋升溫區域在紀錄上也未超過 180° ，所以許多問題只能從大氣環流尺度環境背景作討論。

(二) 可能影響台灣氣候的重要低緯度環流

1. 跨越赤道的低層氣流：從 850 毫巴面圓錐投影圖所作的月平均向量風圖顯示，非 ENSO 年六月份之氣流係從東非洲成反氣旋型式流向印度洋至南海。但此一氣流逐年變動顯著，有時五月即出現，也有延遲至六月，甚至有逆向狀況。與此氣流相配合之 200 毫巴面輻散量計算顯示，冬天以印尼區為中心的輻散中心，氣流向北，而到五六月則改為西南，意即夏天之 Walker 東西環流非常明顯；但在 ENSO 年時的跨越赤道氣流則十分微弱 (圖 5)。

2. 熱帶 500 毫巴面副高位置之變動：熱帶至副熱帶地區 500 毫巴高壓非常顯著，在非 ENSO 年之夏天副高向西北太平洋伸展，並伴隨 ITCZ 北移。但在 ENSO 年，中赤道太平洋區成為高溫區後，西赤道太平洋區轉為高壓區，副高偏向赤道，並伴隨 ITCZ 偏南移動 (圖 6)。

3. 高層噴射氣流之增強：ENSO 年間，冬季噴射氣流場之加強，能量源自 ENSO 期間低緯度熱帶海洋充沛之潛能釋放，可由 OLR 之平均圖及 200 毫巴之流線函數圖見證。由於高層西風加強，使 ENSO 年的 PNA 遙地相關指數增大，並伴隨上述之副高及 ITCZ 偏南。

四、台灣地區ENSO期間氣候的反應

在自然季節觀念主導下(鄭, 1989), 針對台灣地區冬季、春季、梅雨季及夏季之溫度和雨量作分析。台灣北部天氣在冬季因東北季風環流的消長而變動, 夏季加入非常重要的低緯主導環流, 在兩種季風交互作用下, 出現了連續同質性的氣壓系統, 如中小尺度環流的重覆出現, 造成降水的異常。此種過程的隱現, 於ENSO年與非ENSO年各顯示出明顯的區別; 茲以SOI為根據, 針對溫度、雨量及颱風發生頻率作統計相關分析, 其結果討論如下:

(一) SOI與各月雨量的相關

首先將台灣地區具有代表性測站之月雨量與SOI作全面性的同時相關與延遲相關, 以明瞭ENSO與本地雨量間是否存在有遙地相關。表一特別選取相關係數超過0.4以上, 且顯著程度均在0.95或0.99者作討論。從表中顯示11月份SOI與次年3月雨量在台灣地區有中度以上之負相關存在。其中澎湖之相關達-0.56, 可能係因其位居海上, 對低緯度氣流的衝擊更敏感所致; 花蓮雖也有較高相關, 但與西部地區並非同步。一般而言, 東太平洋海溫於ENSO年之九、十月開始增溫, 向西傳播至中太平洋時已近冬季, 西太平洋地區受其影響亦在冬季或初春。隆冬季節受中高緯度控制居多, 與SOI相關不高; 高值出現在季節末尾, 顯示以低緯環流參數求與隆冬降雨相關, 其相關不高必可預期。另一方面, 從十一月與三月之高相關顯示ENSO之異常環流於東北季風環流較弱時活躍, 此亦凸顯副高西緣西南氣流的效應。此外也有可能是低緯地區的30-60天波動活動(李, 1989)或者跨越赤道氣流之影響, 為值得更進一步探討的問題。

(二) SOI與各月溫度的相關

表二顯示各月測站平均氣溫與SOI間之相關。從表中可見月平均氣溫以10月與11月間一個月之延遲相關最為明顯。與雨量相比較, 月平均氣溫與SOI間關係更屬即時影響。表中之相關係數亦可說明冬季氣候最容易受SOI之影響, 其他季節則不明顯, 可供季節預報之參考。

(三) SOI與梅雨的相關

SOI與梅雨量間相關均不及0.4, 但近幾次ENSO年之梅雨都不正常則是事實。譬如1983年春雨綿綿不斷, 而梅雨季雨量則偏低; 1987年直到梅雨期終了, 即六月底始出現較大日降水量。雖然ENSO年梅雨雨量偏低或者雨期的差異過大, 其予人不正常感覺卻一致。但在非ENSO年之雨量則較無法單純以大尺度環流指數解釋, 尚須兼顧中小尺度環流之實質貢獻, 以致涵蓋ENSO與非ENSO之梅雨雨量相關係數偏低。

圖7為1987-1991年五月份850毫巴合成向量風強風區示意圖, 該圖顯示1988-1991之非ENSO年間, 在印度洋與南海都存在有大範圍強風區, 但1987 ENSO年縮小到僅留印度洋一個小區域。此種現象正說明當Walker東西環流減弱, 伴隨之強風區也不顯著。

(四) SOI與逐年颱風發生頻率的相關

圖8為綜合SOI與副熱帶高壓指數及130-170°E間年颱風產生次數的時間數列。該圖顯示ENSO年間颱風發生數偏低。

圖9為西太平洋區130°E-160°E間, 5°N-10°N各高度月合成向量風距平值剖面圖。該圖表示在多颱風年(1989年34個颱風)與少颱風年(1987年24個颱風)間低緯度大氣中、高層的氣流方向顯然不同。多颱風年東風層較厚, 但少颱風年之各層風向均為西風。

五、結論

從以上之分析討論中, 我們體認到ENSO是一個複雜的海洋與大氣耦合問題, 其研究首先要有完整的分析資料與對區域天氣的充分認識。本文即針對ENSO之討論, 僅就中太平洋海溫異常增高而產生大氣環流之改變, 經由環流變異, 直接反應到氣候上之諸結果加以初步認定, 結論如下:

(一) 台灣地區冬季月平均溫度與月雨量之與SOI相關統計, 證實ENSO對台灣氣候所加之影響最為明顯(圖10及11)。換言之, ENSO期冬季若干自南方而來的環流效應會加強反應, 有時甚至可超過中緯度環流之主宰。

(二) 梅雨期受ENSO年的影響而出現異常現象，如梅雨期的延緩，或者年雨量分配的異常是存在的。但因為梅雨定義的不確定及年際變化大，因此無法找出高相關，但僅以五六月份之總雨量而言則兩者間之相關偏低。

(三) ENSO年間由於中高層東風減弱，西太平洋颱風之發生頻率減低。

六、致謝

本文在製作過程中，承預報中心長期課羅存文小姐協助統計，廖志翔課長贈圖表，以及氣象科技研究中心張淑玲小姐打字，使本文順利完成，特此申謝。

參考文獻：

- 李汴軍，1989：ENSO和POST ENSO 大氣波動之正模結構。NSC 78 - 0202 - M052 - 01 研究報告；1-35。
- 鄭俠，1989：台灣大氣之特異性及與自然季節關係之分析。氣象學報，35卷，第2期，105-110頁。
- Arkin, P. 1984: An examination of southern oscillation in the upper tropospheric tropical and subtropical wind field. Dissertation of the University of Maryland, 1-240.
- Glantz, M. H., 1991: Teleconnections linking worldwide climate anomalies, Introduction 1-12. Cambridge University Press.
- Rasmusson, E. M. & Carpenter, T. H., 1982: Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino. Monthly Weather Review, 111, 517-28.
- Trenberth, K. E., 1984: Signal versus noise in the Southern Oscillation. Monthly Weather Review, 112, 326-32.

WMO (World Meteorological Organization), 1984: The Global Climate System, A Critical Review of the Climate System during 1982-1984. Geneva, Switzerland, WMO.

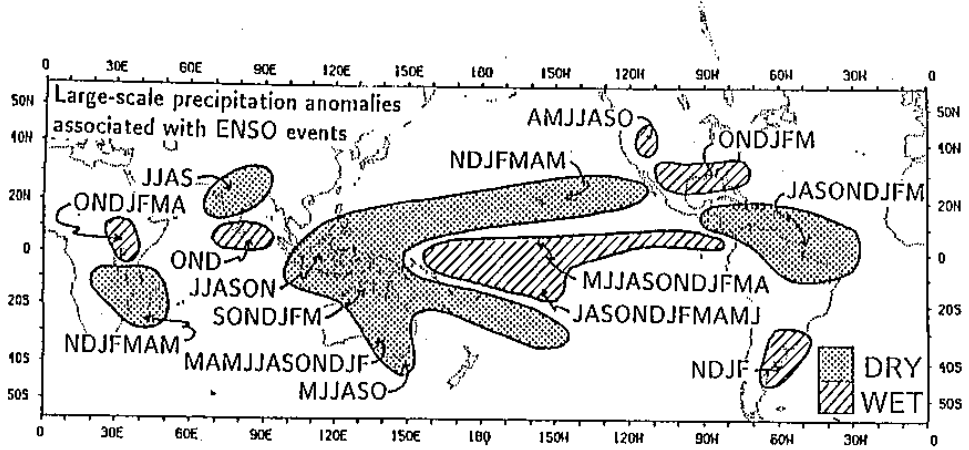


圖 1. ENSO期間世界各地之雨量分佈。(摘自 Ropelewski and Halpert (198.) and Rasmusson (1985))。

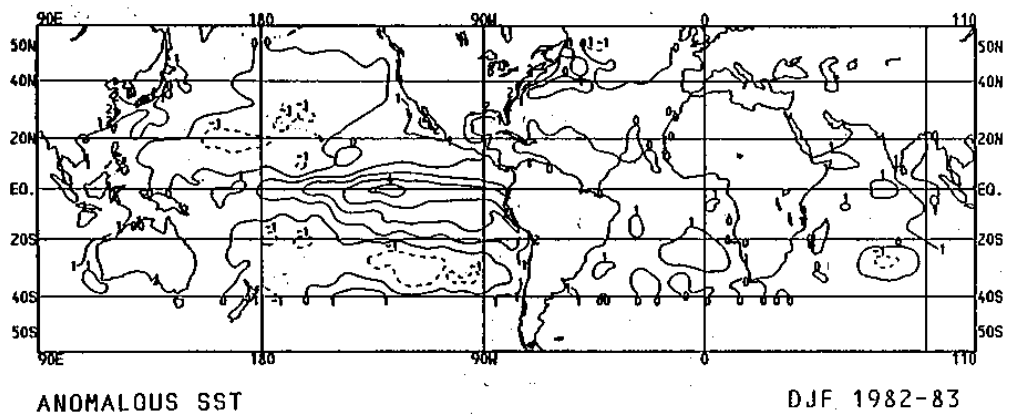


圖 2. ENSO期間海水溫度之異常。(摘自 CAC, 1982 - 1983 ENSO Quick Look Atlas)。

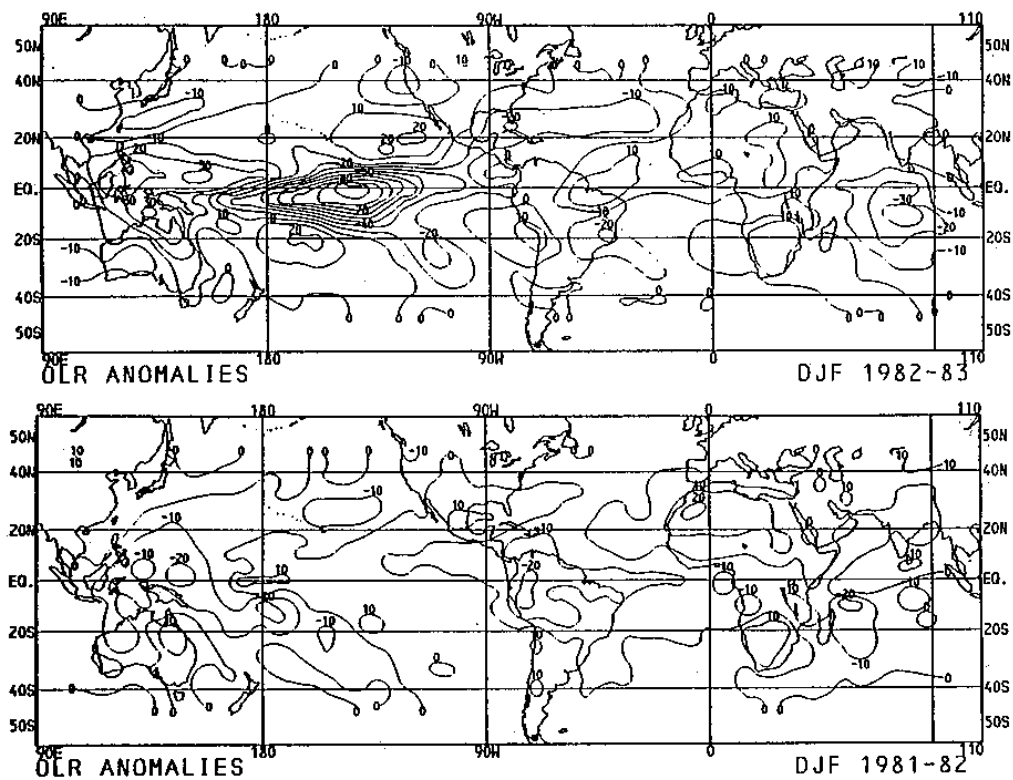


圖 3. ENSO與非ENSO年 OLR之比較。(同圖 2)。

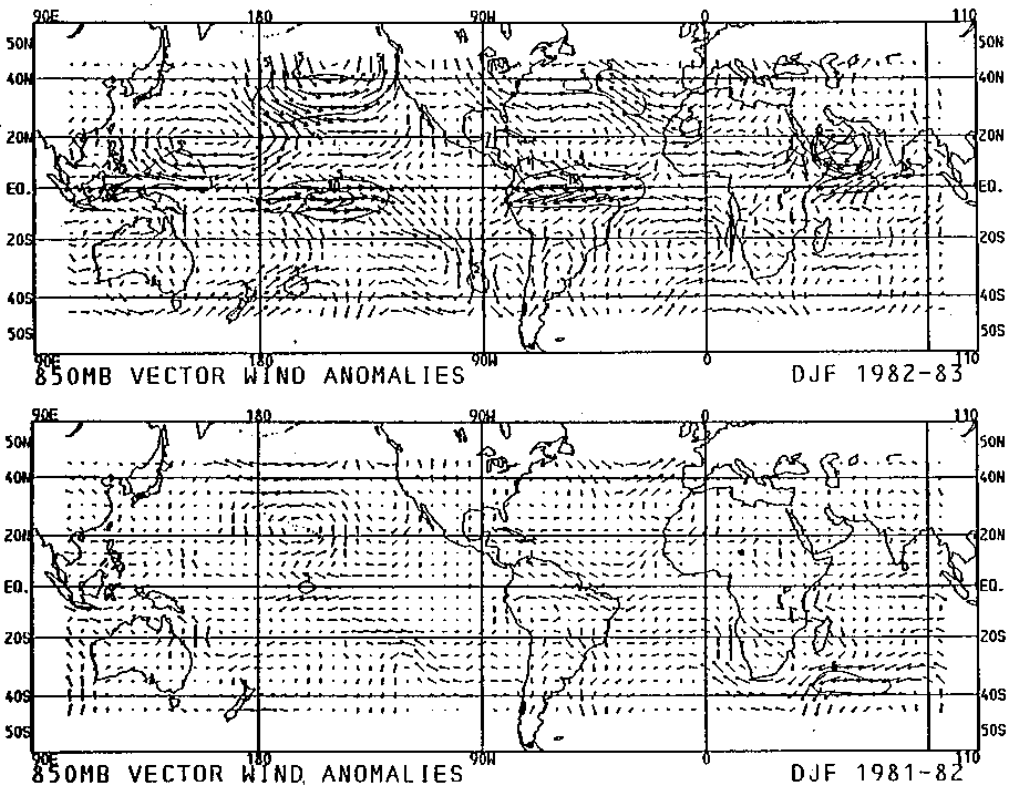


圖 4. ENSO與非ENSO年 850 毫巴面風場之比較。(同圖 2)。

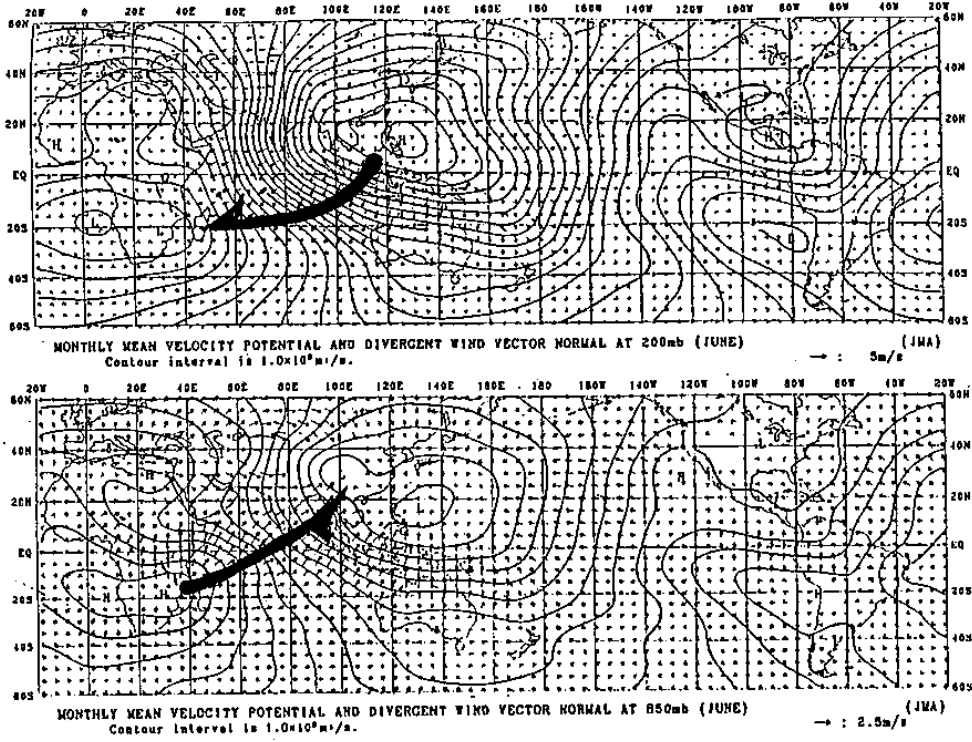
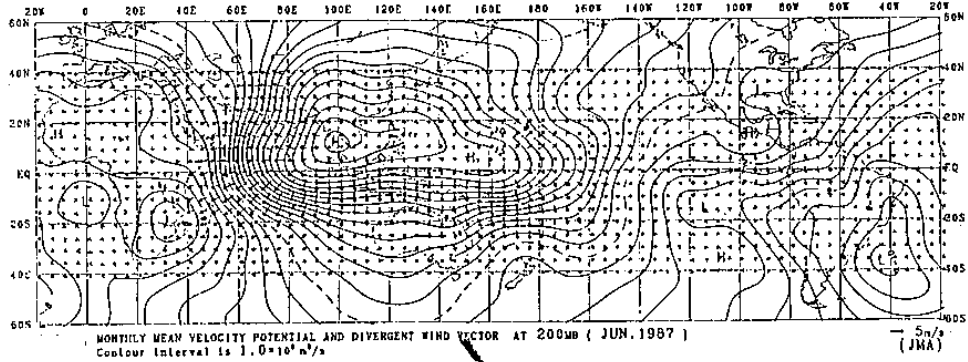
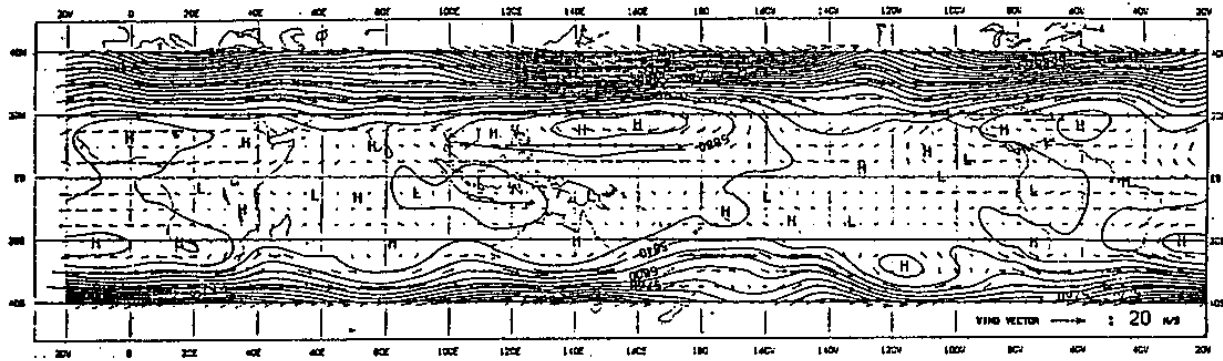


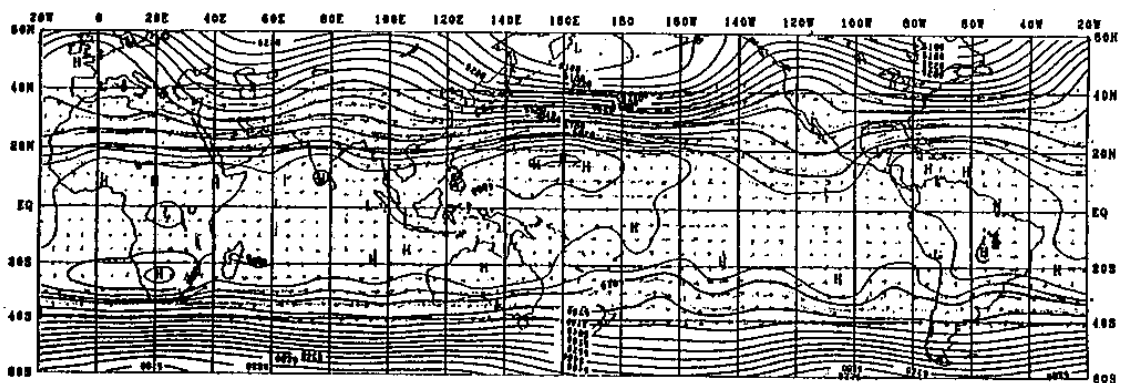
圖 5. a) 六月份 200mb氣候平均速度位與輻散風場分布圖。



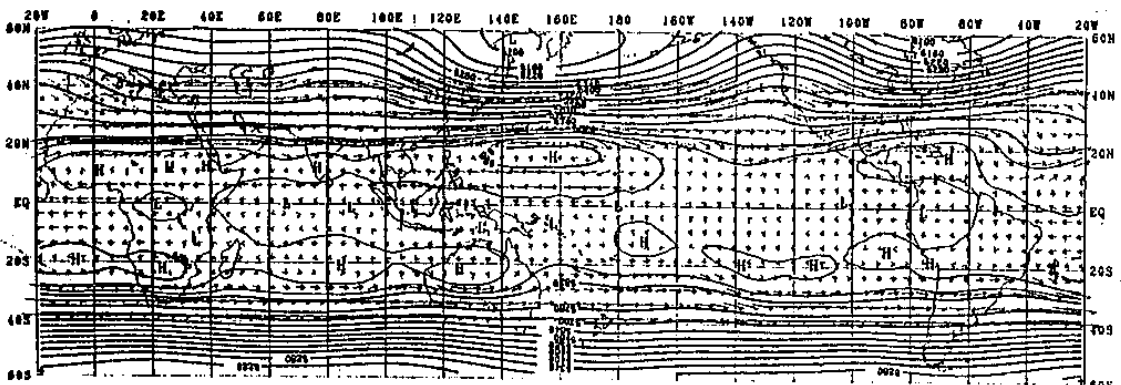
b) 同圖5a, 但為1987年。



Monthly Mean Geopotential Height and Wind Vector at 500mb (Jan. 1987). Contour interval is 20gpm.



MONTHLY MEAN GEOPOTENTIAL HEIGHT AND WIND VECTOR AT 500mb (JAN.1992) (JMA)
This contours below 5820m are suppressed. Contour interval is 20m. → : 10m/s



MONTHLY MEAN GEOPOTENTIAL HEIGHT AND WIND VECTOR NORMAL AT 500mb (JANUARY) (JMA)
This contours below 5820m are suppressed. Contour interval is 20m. → : 10m/s

圖 6. 1987年 5月份 500mb圖。(摘自JMA 氣候系統監視報告)。

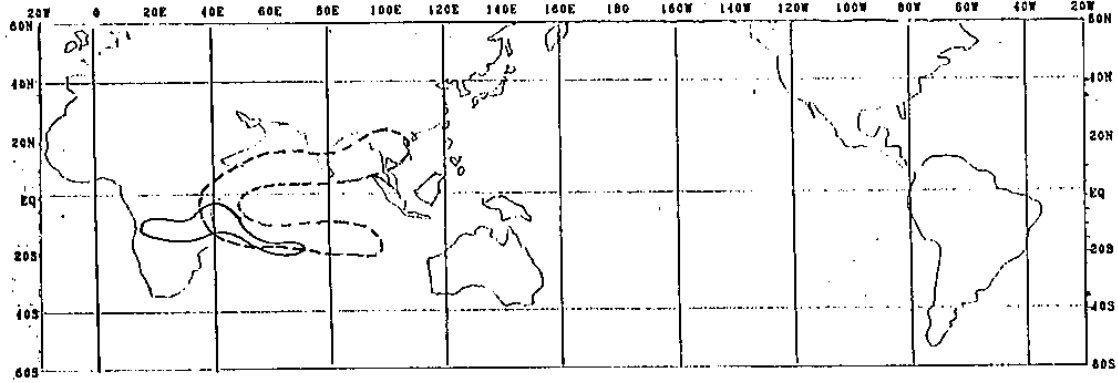


圖 7. 850mb強風域示意圖。虛線示 1988 - 1991每年五月 850mb
合成風之強風區之示意區域，實線為1987年五月者。

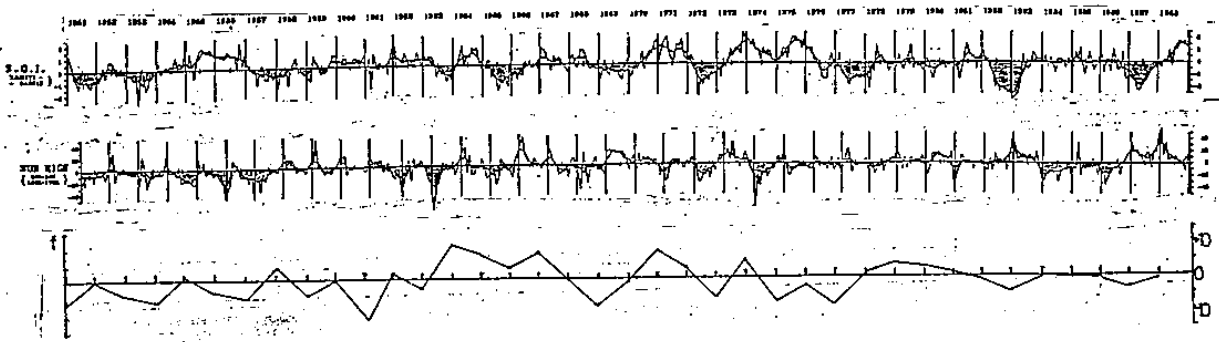


圖 8. 1951 - 1988 年月平均 SOI、太平洋高壓指數與逐年颱風發
生頻率時間數列圖。

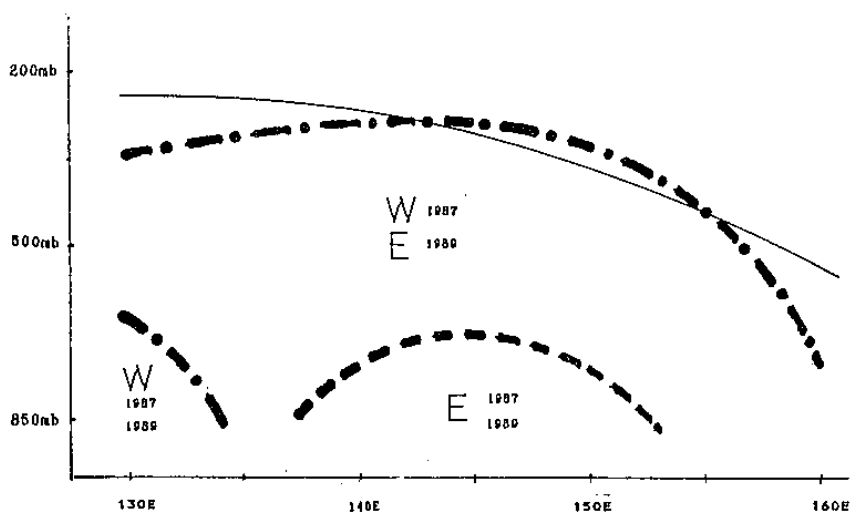


圖 9. 赤道太平洋區 (5° N - 10° N) 垂直風向剖面圖。

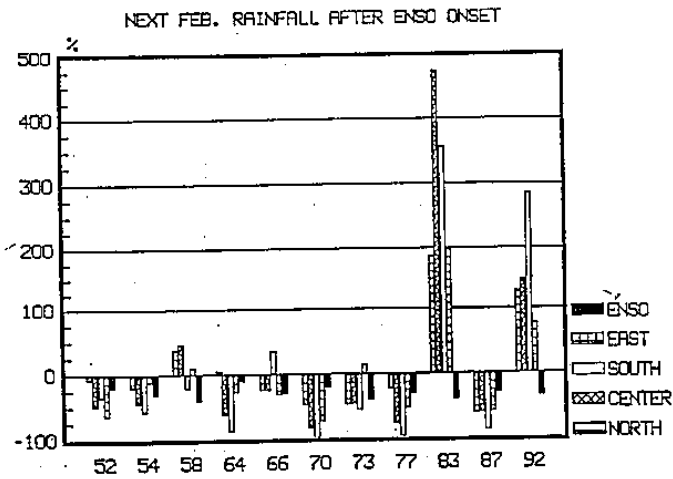


圖10. 台灣地區ENSO次年 2月雨量距平值時間數列圖。

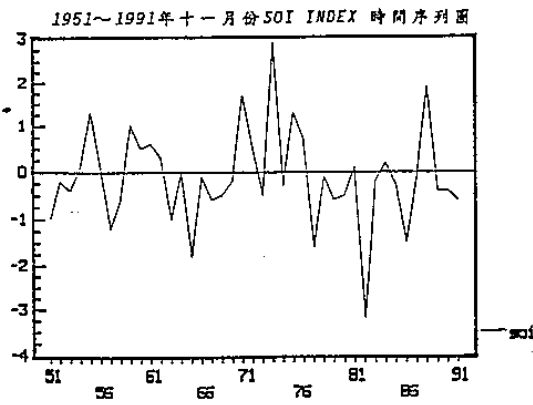
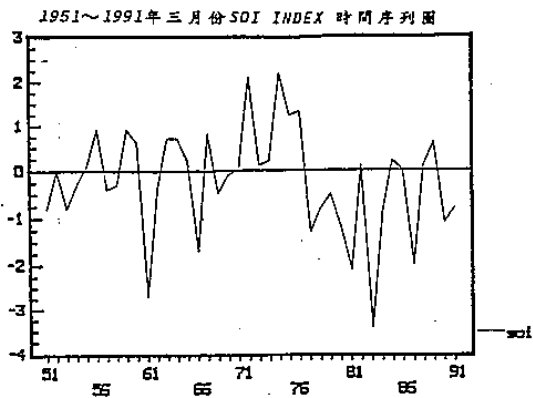
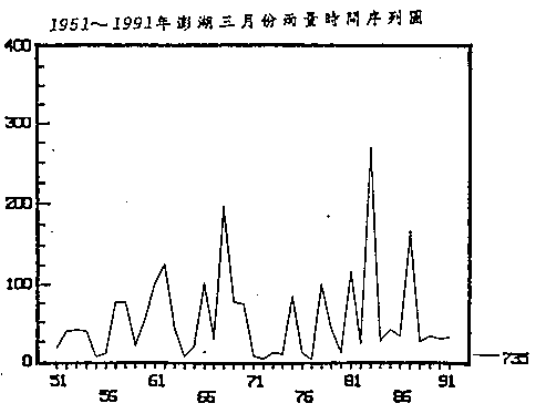


圖11. 月平均 SOI與對應時間月雨量時間數列圖。



表一 SOI 與月雨量相關 (≥ 0.4)

SOI 測站 RR	台 北	台 中	高 雄	澎 湖	花 蓮
3月與當月		-.50**	-.43*	-.56**	
7月與當月					-.50**
2月與 3月		-.59**	-.41*	-.49**	
5月與 9月			-.41*		
8月與10月					-.40*
9月與10月					-.49**
10月與次年 3月	-.40*	-.43*			
11月與次年 3月	-.42*	-.49**	-.42*	-.56**	

表二 SOI 與月平均溫度

SOI 測站 TT	台 北	台 中	高 雄	澎 湖	花 蓮
6月與11月	-.46*		-.47*	-.48**	-.46*
8月與11月	-.43*		-.44*	-.41*	-.47**
8月與12月		-.46*	-.49**	-.42*	
9月與10月					-.45*
9月與11月		-.45*	-.46*		
10月與11月	-.43*	-.42*	-.48**	-.51**	-.45*

**表示 0.99顯著程度

* 表示 0.95顯著程度

Variations in general circulation and the response of Taiwan climate during the ENSO events

Jack Ming-Sen Lin and Hsia Cheng

Atmospheric R & D center, Central Weather Bureau

ABSTRACT

In this study, the tropical sea surface temperature, Southern Oscillation Index, 850 and 200 mb levels wind of the last 40 years are selected for analysis in attempting to reveal the similarities and differences of the Taiwan climate between the ENSO and Non-ENSO event. The results showed that the winter monthly mean temperature, spring time precipitation, and the occurrence frequency of the Pacific typhoon are most correlated to the ENSO. The control factors determining the response of Taiwan climate are further discussed by the concept of natural season which could lead to clarify the predictability of seasonal forecast.