

頑皮的嬰孩—聖嬰／

南方震盪現象與臺灣地區之氣候變化

國中組地球科學科第一名

高雄市立陽明國民中學

作者：陳柏州

指導教師：洪英英、蔡素馨

一、研究動機

前年夏天，由於東太平洋海溫異常快速上升，連帶著影響大氣結構，造成了空前最強烈的聖嬰／南方震盪現象（本文以下簡稱為ENSO）。不過數月，太平洋的兩側，甚至大西洋、印度洋附近國家陸續傳出災情，不是滂沱大雨、洪水氾濫的情景，就是酷熱乾燥、烏煙瘴氣的窘境，導致家破人亡，損失慘重，尤其以赤道太平洋地區之受創更為深遠。臺灣地區位於熱帶與副熱帶之交界處，受到ENSO之影響有何明顯的反應？有鑑於國內現今對此研究尚不多，所以利用此機會，根據近三十年來的氣候資料，進一步分析ENSO與臺灣氣候之關係，作為將來遇到類似情況時之參考。

二、研究目的

- （一）分析ENSO期間臺灣地區溫度之變化。
- （二）分析ENSO期間臺灣地區雨量之變化。
- （三）探討西太平洋颱風與ENSO現象之關聯性，期能了解其對臺之威脅性。

三、研究過程與方法

- （一）蒐集資料、文獻探討。
- （二）界定聖嬰期／反聖嬰期、暖／冷颱風期。
- （三）進行分析：（1.溫度。2.雨量。3.颱風。）
 - 1.蒐集資料。（中央氣象局、關島颱風聯合警報中心）
 - 2.整理數據、製作西太平洋圖底稿。

3. 分析資料。

四、文獻探討 (陳圭宏, 1998; Allan et al., 1996; NOAA/CPC, 1998)

(一) 聖嬰現象：

首先為秘魯沿岸漁民所發現，由於某些年聖誕節前後，在赤道東太平洋海域出現一股強烈之暖流，使海溫異常上升，魚類大量減少，故漁民們稱之為聖嬰 (El Nino)，意為「上帝之子」。根據英國沃克 (Sir Gilbert Walker) 在二十世紀初提出之「沃克環流」理論，原本於東太平洋出現的冷「湧升流」 (Upwelling) 消失，斜溫會亦趨於平緩，連帶著影響大氣對流向東移 (圖1-a)，進而導致氣候上呈現東溼西乾之情況 (圖2-a)。

(二) 反聖嬰現象：(La Nina)

冷水團大量聚集於東太平洋，相較之下東西兩岸海溫差異甚大，斜溫層伴隨著更加傾斜，故東岸不易形成對流，籠罩在下沉氣流的範圍內，而西岸則水氣旺盛，上升氣流強烈，易致雲 (圖1-b)。氣候變異上為西更溼、東更乾涼 (圖2-b)。

(三) 南方震盪現象：(Southern Oscillation)

1920年代沃克在觀察全球氣壓分布時，赫然發現東、西太平洋之氣壓變化，有如翹翹板般一高一低，具有一定規律，故稱為南方震盪。一般而言，聖嬰年時氣壓西高東低，反聖嬰年時氣壓西低東高。之後氣象學家將社會群島大溪地 (Tahiti) 與澳洲達爾文 (Darwin) 之氣壓差值為指標，稱為南方震盪指數 (SOI, Southern Oscillation Index)。

(四) 聖嬰／南方震盪現象：(El Nino/Southern Oscillation)

1960年代UCLA教授皮堅尼 (Jacob Bjerknes) 將聖嬰／反聖嬰現象與南方震盪連在一起，合理地解釋海—氣之互動關係，故合併稱為聖嬰／南方震盪現象。

五、研究結果

(一) 聖嬰期／反聖嬰期之界定 (表 1)：

暖／冷／正常颱風期之界定 (表 2)：

(二) 臺灣溫度之分析 (圖略)：

1.(1) 強聖嬰：初期夏季溫度偏低，尤其臺北下降幅度較臺中、高雄及花蓮三地大出0.5℃左右；隨著聖嬰逐漸成熟，四地溫度距平值 (anomaly) 曲線亦逐漸攀

升；巔峰期後第三個月，距平值均高出近 2°C ，溫偏暖，臺北—臺中尤是。

(2)中聖嬰：氣溫不穩定、多變化，偏熱、偏冷之情況交錯多變，高峰期後震盪幅度強烈，高低差距可達 4°C 左右。

(3)弱聖嬰：第一年12月至隔年4月溫度距平值曲線多震盪，一、二個月間溫差正、負值變化頗大，規則較不可循。

2.(1)強反聖嬰：第一年夏、秋季溫偏高；10月後氣溫逐漸偏冷，達高峰期溫度約較平常偏低 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ，末期氣溫較少顯著變化。臺北氣溫距平值普遍較其他三地高，即氣候較為暖和。

(2)中反聖嬰：第一年冬季有偏冷的情形，但1998年相當反常，竟比1997年聖嬰年冬季更暖和，極可能與附近海溫偏高有關。

(3)弱反聖嬰：溫度距平值曲線多震盪，但大致而言，冬季偏低溫，春季會出現一個月幅度頗大之低溫情形。

總結：聖嬰期時（或氣壓西高東低，即SOI為負值），氣溫平均較高；反聖嬰期時（即SOI為正值），氣溫平均較低。

(三)臺灣雨量之分析（圖略）：

1.(1)強聖嬰：第一年夏季多雨、秋季少雨（尤其花蓮於9、10月更甚）；高峰期雨量則趨於平均值；之後冬末春初時出現異常多雨情形；事情結束後，夏季雨量則較少。

(2)中聖嬰：雨量變化幅度較小（尤以臺中為最），花蓮、高雄則於次年夏季雨量之震盪幅度較大，但四地在高峰期前後，雨量均有增加的傾向。

(3)弱聖嬰：高峰期之前，夏季多雨、秋季少雨；高峰期後雨量變化多趨於平均值。四地中，花蓮於10月有明顯雨量偏少之現象。

2.(1)強反聖嬰：第一年6、7月少雨；秋季則出現驚人的雨量；隔年1~3月雨微少，春初雨稍多，緊接著6月明顯少雨；結束後，臺北、臺中雨量在7月又偏多。

(2)中反聖嬰：第一年夏季有少雨情形，而秋季雨量增加許多；隔年初雨量微些減少，但大致上曲線仍在平均值附近作狹幅震盪。花蓮秋季雨水明顯增多，其他三地走向大體一致。

(3)弱反聖嬰：第一年夏季除一個月呈現多雨外，另兩個月均為少雨狀態，秋雨則較不明顯，之後大部分走勢趨於平均值，少有顯著變化。

總結：聖嬰期時（即SOI值為負），雨量變化上為多—少—多；反聖嬰期時（即SOI值為正），則為少—多—少。

（四）颱風之分析：

（分析1）ENSO與颱風期颱風數量之關係（圖3）：

颱風期颱風數量與海溫(SST, Sea Surface Temperature) 平均值變化趨勢呈現負相關之情形，即聖嬰年（暖颱風期）颱風數偏少（如1976～77年，颱風數較平常少8～9個），反聖嬰年（冷颱風期）颱風數偏多（如1995～96年，颱風數較平常多出10個）。

（分析2）ENSO與颱風生成時間之關係（圖4）：

1～5月之颱風總數與當年颱風期SST值曲線有正相關之密切相合度；聖嬰年時，當年1～5月颱風總數偏少（如1998年）；反聖嬰年時則較多（如1971年）。換言之，聖嬰發生當年（或反聖嬰發生隔年）颱風出現時間會向前挪移，反聖嬰發生當年（或聖嬰發生隔年）颱風則較晚產生。

（分析3）ENSO與颱風強度比例之關係（圖5）：

由弱到強分別為熱帶氣旋(TD)，熱帶暴風(TS)、Typhoon-1，Typhoon-2，Typhoon3，Typhoon-4，Typhoon-5等七類。大致而言，夏季時暖，颱風期颱風明顯偏強，冷颱風期的颱風則較弱；秋季時強颱風之差異較小，但冷颱風期時，弱颱風較為顯著。總體而言，秋季較易出現強颱風。

（分析4）ENSO與颱風生成位置之關係（圖6）：

以東經150度、北緯15度為界，分為A（左上）、B（右上）、C（左下）、D（右下）四區。結果發現聖嬰（暖）期颱風生成位置多在關島地區產生，甚至於東經150度以東形成；反聖嬰（冷）期者則多偏太平洋西側生成，以菲律賓外海聚集最多，在臺灣鄰近海域者亦不在少數。（1998年之颱風全部生成在東經150度以西。）

六、討論

（一）取臺灣四測站的溫度與雨量距平值隨時間的變化曲線，每一曲線的走勢相近，但也有些微的差異性。至於整體變化，時而比平均值高，時而比平均值低，概因特殊的地理環境因素，如地形、環海與所在位置造成，故ENSO對於臺灣的溫度與降雨，雖不若其他敏感地區（秘魯、印尼等）來的明顯，但仍可以看出某種程度的關聯性。

1.溫度方面：

聖嬰期

a. 第一年夏季出現較冷的狀態。

- b. 秋末冬初（11,12月）及冬末春初（2,3月）出現高溫。
- c. 較弱的聖嬰期，有大幅震盪之走勢，夏涼冬暖之現象較不明顯。
- d. 第二年夏季氣溫多半偏高。
- e. 聖嬰愈明顯，則臺灣夏季（6,7月）之溫度距平值就遠其他三地低。

反聖嬰期

- a. 第一夏季氣溫較涼爽（但1988，1998年偏熱）。
- b. 秋末冬初（11,12月）四地溫度較往常低。
- c. 春季出現一～二個月溫度頗低之情形。
- d. 四地氣溫起伏頗具一致性。

2. 雨量方面：

聖嬰期

- a. 第一年夏季雨量有偏多之趨勢。
- b. 秋季降雨顯著減少。
- c. 強聖嬰期間，冬末至隔年春初會有豪雨發生。
- d. 較弱的聖嬰，雨量變化有限。
- e. 四地中，花蓮秋季雨量減少情形較其他三地明顯。

反聖嬰期

- a. 第一年夏雨大多偏少。
- b. 緊接的秋季雨量增加些。
- c. 隔年初期會出現微少之雨量。
- d. 中、弱反聖嬰通常在隔年作小幅震盪，範圍大致在平均值上下。
- e. 臺中雨量較其他三地變化少，花蓮秋季明顯出現暴雨情形，極可能與秋颱侵襲有關。

（二）ENSO對西太平洋颱風的生成、數量、發生時間等要素之關聯性相當密切。根據NOAA/CPC所繪製太平洋海水表面溫度分佈圖，特別取強聖嬰期〔1982夏季～83春季〕（圖7）與強反聖嬰期〔1988夏季～89春季〕（圖8），觀察其情形：

聖嬰期

西太平洋地區夏季受到東太平洋暖水團之影響，僅在D區有增溫現象，而海溫大於29℃範圍仍以D區為主，A、C區也有一部份，B區則全數低於29℃；秋季時海溫距平值多呈現負值，僅少數地區有暖水零星分佈，A、B兩區海溫都在29℃以下；冬季時西太平洋大都籠罩在冷水團中，唯A、B區西部呈現暖水狀態；春季時冷水團範圍更擴大，僅菲律賓—臺灣地區以及其北方海水較熱，冬、春雨季全部

地區海溫均低於29°C以下。

反聖嬰期

夏季雖正值東太平洋海溫逐步下降時，西太平洋海溫仍偏暖，顯示前一次聖嬰（1986-88）之暖水團已從東側轉到西側，但尚未完全西移，仍滯留著，且海溫大部分超過29°C，溫度極高；秋季在D區已有感受到冷水團的威力，但A-C區海水持續偏熱，相較於聖嬰的情形，反聖嬰期自東南亞到菲律賓以北，海溫都超過29°C；高峰期則見D區全盤籠罩在低水溫狀態，A-B-C三區暖水團似乎未見消滅，反而有東移傾向；衰弱期暖水團分佈廣，但B、D兩區也有冷水團侵入，冬、春季在C、D區交界處海溫超過29°C。

由海溫分佈及颱風形成三大要素之一～海溫高，依此觀點來討論：

1.生成位置：聖嬰期夏、秋雨季，暖水團偏向D區，其他地區較無高水溫，故生成位置多偏D區；而反聖嬰期時，西太平洋的西邊（A、C區）暖水充足，溫度夠高，能提供的能量頗多，故這兩區的颱風生成機率會比較高。

2.颱風強度：由於生成位置偏D區，所行進的路徑就較長，更有機會形成強颱，因此聖嬰期出現強颱之機率應較反聖嬰期來得大。

3.颱風期颱風數量：由於反聖嬰期西太平洋的海溫先天條件就比聖嬰期佳，產生的數量也會增加。

4.颱風發生時間：聖嬰年發生的隔年冬、春季，沒有強烈暖水團，故此時颱風不易生成，最有可能之處就是在太平洋西緣地帶；反聖嬰期則水溫偏高，發展颱風的機率提升，也因此反聖嬰發生的次年，可望出現早颱。

綜合上述，聖嬰期夏季臺灣—菲律賓地區因有暖水團滯留，高海溫產生之能量足以提供颱風形成，故侵臺灣會在此時會有所增加，颱風過境後所挾帶的豪雨，造成降雨量較平常多，秋季則因暖水團東移，颱風多半偏東形成，故對臺較無威脅性；反聖嬰期東太平洋出現冷水團，將暖水團推至西太平洋，造成西太平洋海溫升高，故颱風生成地點多自關島地區移向臺灣—菲律賓附近海域，撲向臺灣地區之機率增大，且生成時間多偏晚，故秋颱的來襲頗具殺傷力，秋季有豪雨。

（三）對未來的省思：

ENSO現象已在全球掀起一場前所未有的大災難，從最近的南美洲西岸，到西太平洋與印度半島間，甚至直抵遠處的非洲、歐洲，無不慘遭這個頑皮的嬰孩狂虐。因此，我們失去了上萬條寶貴的人命，也付出了天文數字的代價。人類是否該好好省思呢？

七、結論

(一) 聖嬰期間，臺灣地區各地可能氣候之表現大致為：初期夏季溫偏低雨偏多，秋季雨量偏少，高峰期過後有豪雨出現，氣溫有機會升高，結束前後可能出現高溫；颱風數量則較少，發生當年出現早颱，強颱所佔比例較多，但生成位置偏東經150度以東，僅第一年夏季威脅性較大。四地中臺灣夏涼，聖嬰現象明顯，花蓮秋季雨水明顯少於其他三地。

(二) 反聖嬰期間，臺灣地區各地可能氣候之表現大致為：初期夏季較涼爽雨量少，秋季降雨暴增，秋末冬初呈現偏冷狀態，雨量微少，高峰期過後較無明顯震盪；颱風數量較多，且晚（秋）颱出現機率大增，殺傷力大，強颱所佔比例少些，生成位置偏西。四地之氣溫差異性不大，花蓮秋季雨量明顯較多。

(三) 臺灣受到強ENSO事件之影響較為顯著，強度較弱者也會帶來某種程度之影響，只是較不明顯或使曲線走勢呈現大幅震盪。颱風則與ENSO形成極密切的相關性，尤其是海水溫度之分佈。

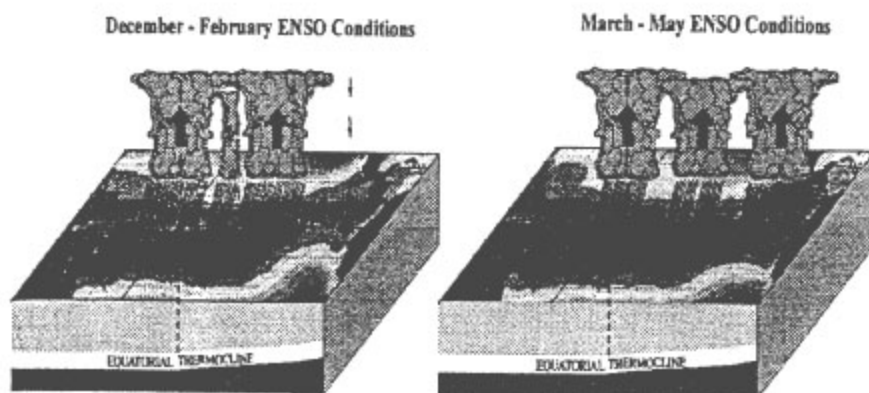
八、參考資料

1. 氣象報告彙編，1971-80、1981-90，中央氣象局。
2. 氣象資料年報，1991-96，中央氣象局。
3. 魏國彥、許見雄，1997，全球環境變遷導論，教育部印行。
4. Allan, R., Lindasey, J. & Parker, D., 1996, El Nino/Southern Oscillation & Climatic Variability, CSIRO Australia
5. 中央氣象局全球資訊中心<http://www.cwb.gov.tw>
6. 美國國家海洋暨大氣總署<http://www.noaa.gov>
7. 美國國家太空總署—噴射推進實驗室<http://www.jpl.nasa.gov>
8. 關島聯合颱風警報中心—最佳颱風追蹤資料。
<http://www.npmocw.navy.mil/npmocw/prods/products/best-tracks>

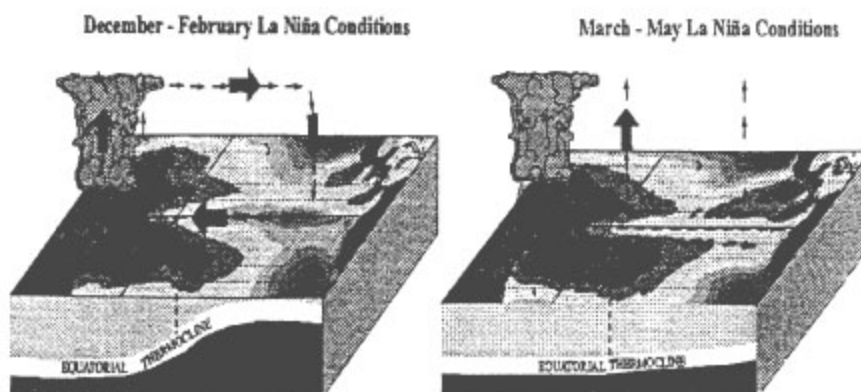
評語

一、本作品利用很多網路資源，分析聖嬰年與非聖嬰年台灣地區的氣候特徵，學生的腦能力甚強，作品的書面報告，十分完整詳細，且圖文清晰美觀，是一件很好的作品。

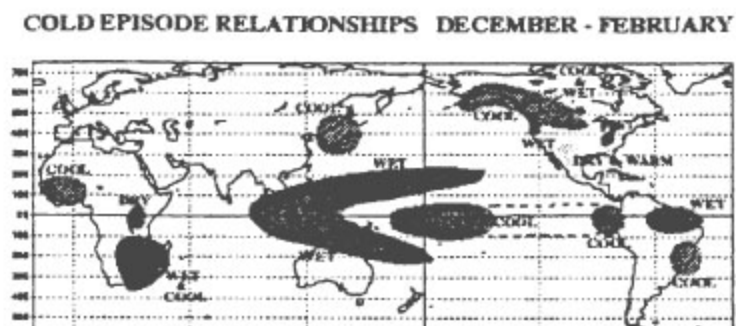
二、學生的思考很周密，表達很清楚，又有條理，是一個相當有研究潛力的學生。



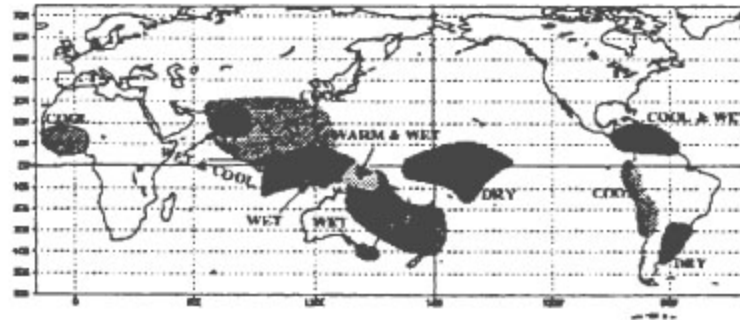
▲圖 1-a 聖嬰期冬季與春季海洋與大氣之變化 (資料來源：NOAA/CPC)



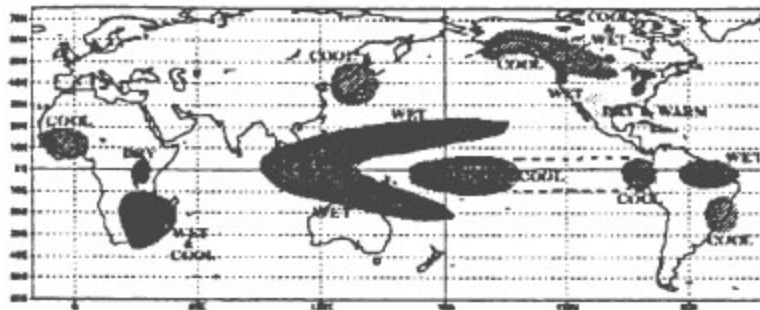
▲圖 1-b 反聖嬰期冬季與春季海洋與大氣之變化 (資料來源：NOAA/CPC)



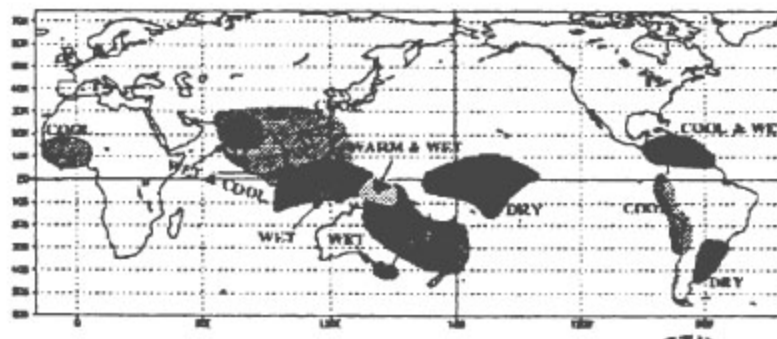
COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



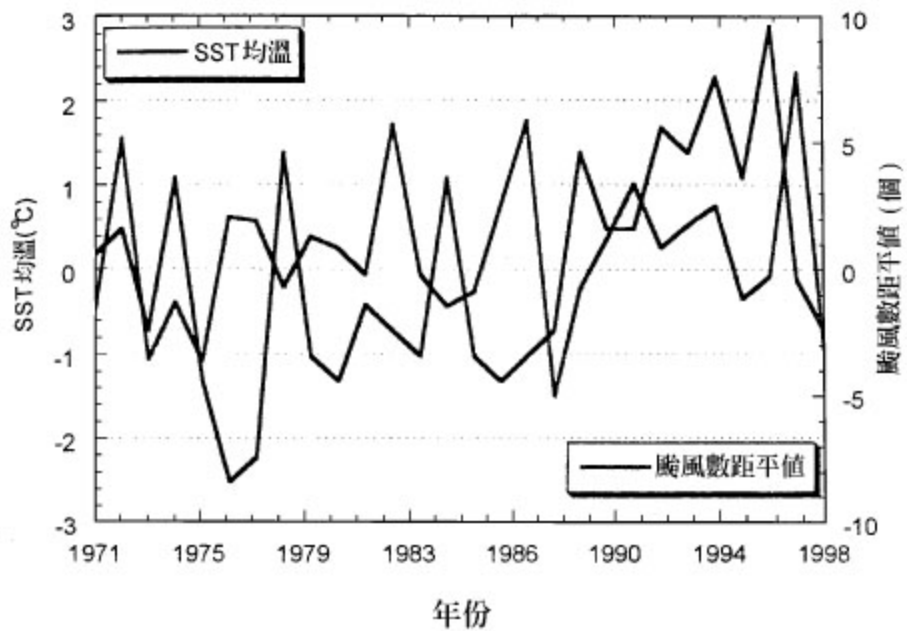
COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



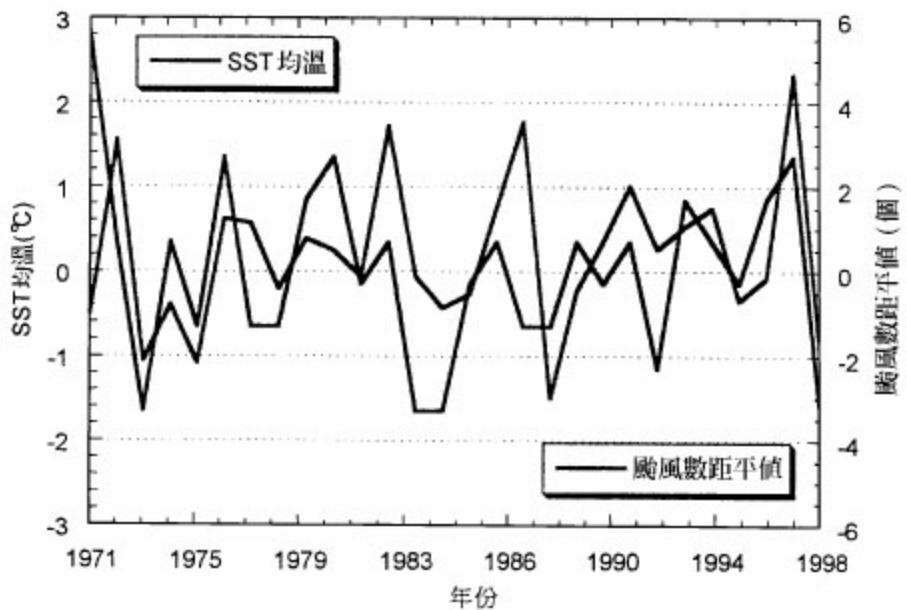
COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



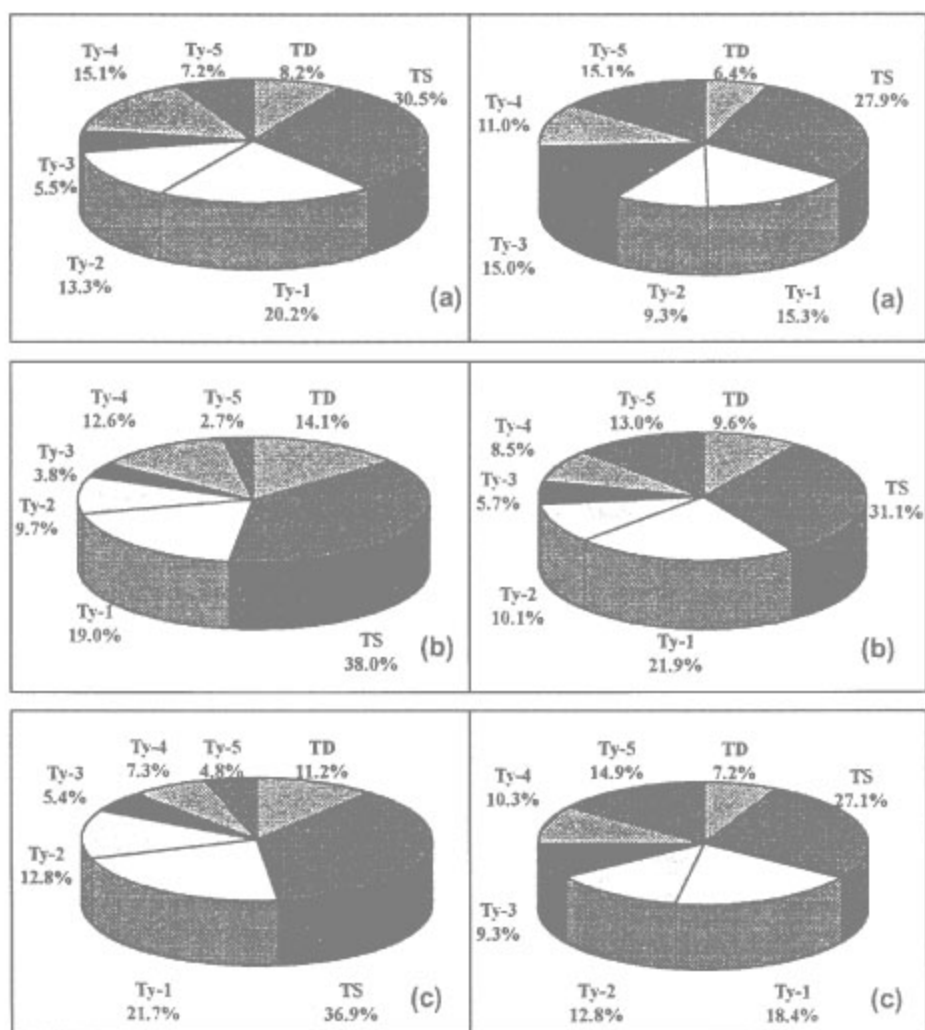
▲圖 2-b 反聖嬰期冬季與夏季全球之氣候變化 (資料來源：NOAA/CPC)



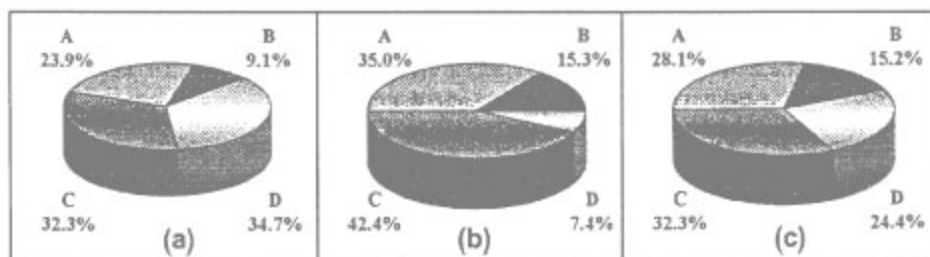
▲圖 3 1971-1998 年颱風期(6-11 月)SST 平均值與颱風數距平值之折線圖



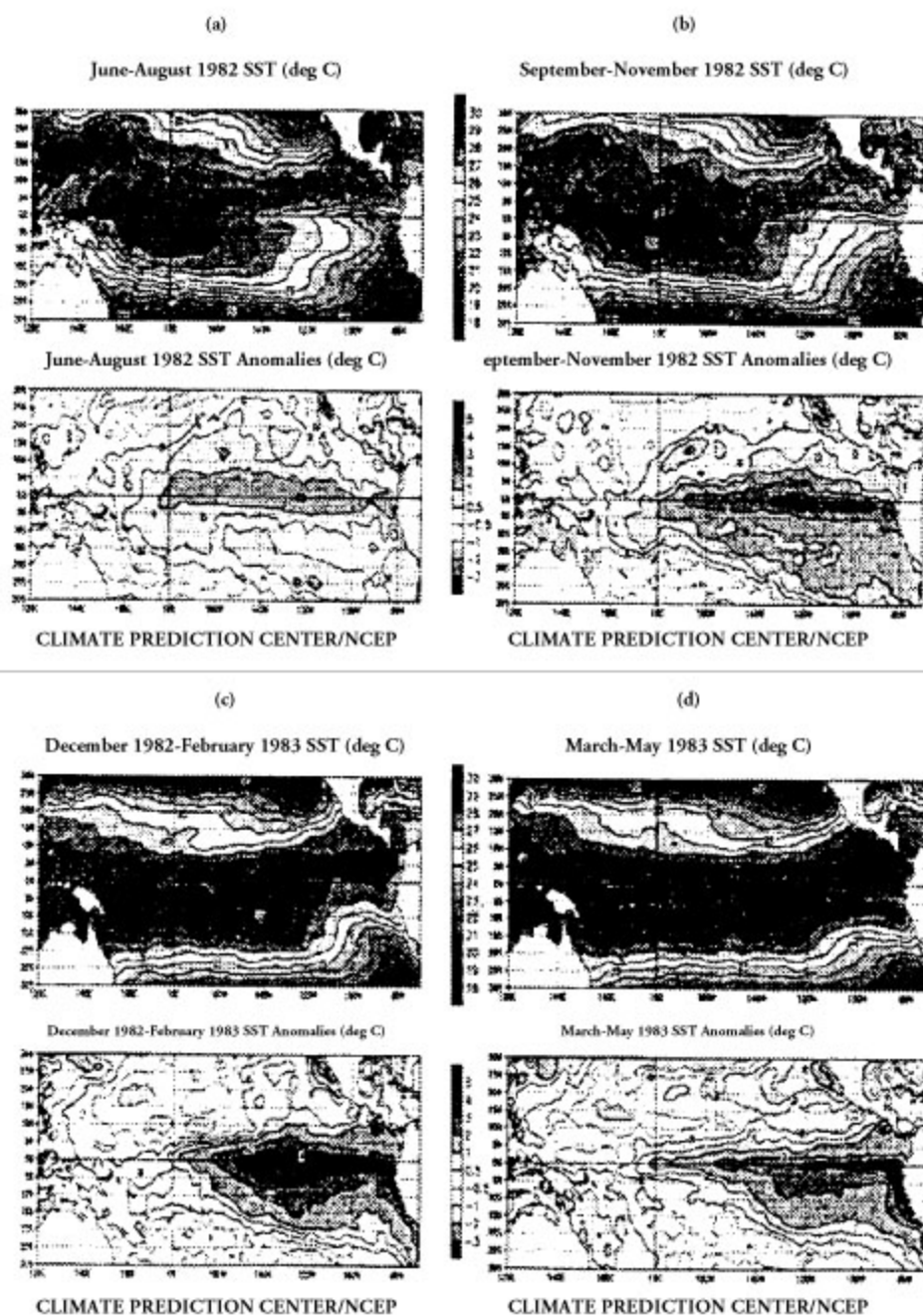
▲圖 4 1971-1998 年颱風期 SST 平均值與 1-5 月颱風數距平值之折線圖



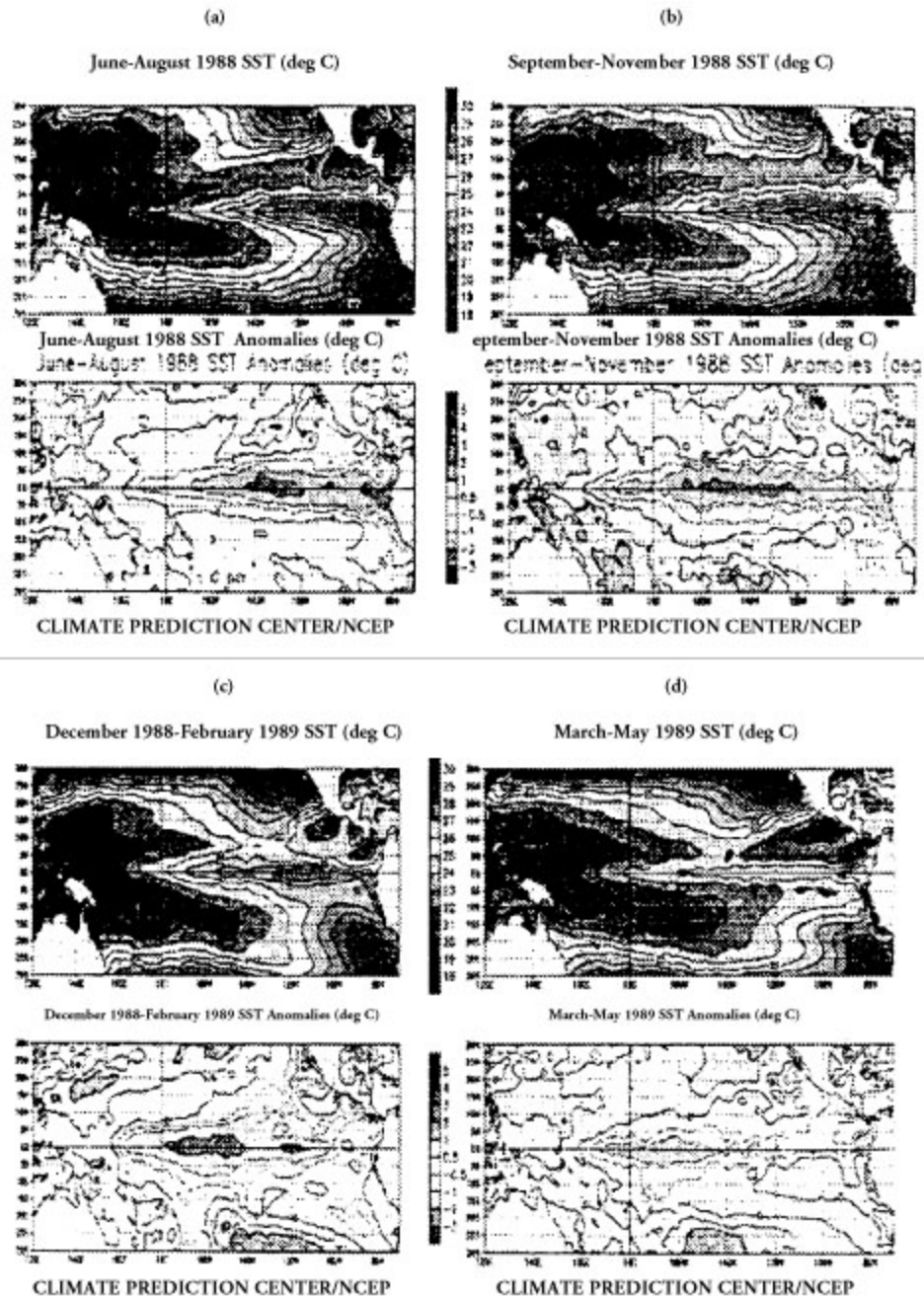
▲圖5 1971-1998年颱風強度比例圖 2 左為夏季(6~8月)，右為秋季(9~11月)
(a)暖颱風期 (b)冷颱風期 (c)正常颱風期



▲圖6 1971-1998年西太平洋颱風生成位置比例統計圖(a)暖颱風期(b)冷颱風期(c)正常颱風期



▲圖7 1982-83年聖嬰期全球海水表面溫度分布圖(a)夏季(b)秋季(c)冬季(d)春季



▲圖8 1988-89年反聖嬰期全球海水表面溫度分布圖(a)夏季(b)秋季(c)冬季(d)春季

▼表1 聖嬰/反聖嬰期之時段、SST(Nino3.4)最大絕對值及強度界定

期 間	最高SST	強度
1972年4月-1973年3月	2.27°C	W+強
1973年6月-1974年6月	-1.81°C	C 中
1974年9月-1976年4月	-1.68°C	C 中
1976年8月-1977年3月	1.13°C	W-弱
1977年7月-1978年1月	1.00°C	W-弱
1979年10月-1980年4月	0.79°C	W-弱
1982年4月-1983年7月	3.01°C	W+強
1984年9月-1985年6月	-1.46°C	C-弱
1986年8月-1988年2月	1.98°C	W 中
1988年5月-1989年6月	-2.09°C	C+強
1991年3月-1992年7月	2.00°C	W 中
1993年2月-1993年9月	1.31°C	W-弱
1994年6月-1995年3月	1.44°C	W-弱
1995年9月-1996年3月	-0.82°C	C-弱
1997年4月-1998年6月	2.92°C	W+強
1998年7月(-仍持續)	-1.60°C	C 中

(表1)

※界定方式：計算5個月的滑動平均，若其值連續6個月大於0.4°C，為聖嬰期；小於-0.4°C則為反聖嬰期。(W-Warm Episode,聖嬰C-Cold EpBode-反聖嬰)

▼表2 暖颱風期、冷颱風期與正常颱風期之年份

暖颱風期	1972、1976、1977、1979、1982、1986、1987、1990、1991、1993、1994、1997
冷颱風期	1971、1973、1974、1975、1984、1988、1995、1998
正常颱風期	1978、1980、1981、1983、1985、1989、1992、1996

(表2)

※颱風期：乃6~11月SST平均在0.3°C以上者，稱為暖颱風期；平均在-0.3°C以下者，稱為冷颱風期；其餘為正常颱風期。

