

2002 年上半年台灣地區乾旱時期氣候特徵

陳雲蘭
中央氣象局
預報中心

盧孟明
中央氣象局
科技中心

摘要

2002 年上半年台灣因連續數月全省性的雨量偏少經歷一次乾旱危機。降水出現不足的情形從 2001 年入冬後經 2002 年春季持續到五、六月的梅雨季。連續性的少雨使得水庫見底、水資源短缺。以過去 50 多年同時間的氣象資料來看，也只有 1963 年曾出現過這種全省持續性雨量偏少狀況。本文記錄此少雨期間台灣氣候與海氣環流的特徵以作為提供日後進一步分析的參考。文中除整理上半年雨量偏少的資料分析外，並按兩個月為單位將上半年分為三個時期記錄此雨量偏少的情況，並且說明其間的氣候型態與區域環流特徵。由區域環流分析可見冬、春連旱的現象與持續性的中高緯擾動不活躍有很大的關係，此外南方副熱帶高壓勢力的偏強也具有直接的影響。至於梅雨季的降水，除了在五月中至六月中受梅雨系統影響外，其他的時間(幾近 1 個月)仍受過強的副高控制使雨量偏少。

從全球大範圍雨量分布來看，台灣的乾旱並非局地的異常現象，在亞澳地區也存在區域性的大範圍少雨距平區，由此推估 2002 年台灣的乾旱應是全球性氣候變異的現象的一部分。因此本文最後也將描述 2002 年上半年的重要海氣特徵。

一、2002 年上半年雨量分析

對位於西北太平洋副熱帶、東亞季風區、海島型氣候的台灣而言，水汽的來源充足，雨水豐沛。以全年累積值來看，北部、東部地區可以有二千公厘以上的雨量，中南部也可達一千五百公釐以上。觀察各季的雨量，只有在十月起至冬季時期因受東北季風影響由層狀雲系產生的降水較少；進入春季後來自南方熱帶的勢力逐漸增強，除與中高緯冷高壓前緣易形成鋒面外，南來氣流帶來較為充沛的水汽，使得春雨期的降水已明顯比冬季增加。到了五、六月的梅雨季及七至九月的颱風季，由熱帶對流性降水主宰的熱帶系統常有帶來豪大雨的機會，使這段期間成為台灣地區最主要的雨量來源月份(圖一)。由過去台灣測站資料來看，因氣候自然的變化，各月雨量或有一些偏多或偏少的情形，但是由於一年中各季節都有可造成降水的天氣系統，除中、南部在秋、冬時期有較明顯的枯水期外，各地少有機會發生持續數月的缺水狀況。

2002 年的上半年發生全省持續性的月雨量偏少，並造成嚴重的乾旱現象，為近數十年所罕見！降水異常情形除影響春耕的農業用水外，工業、高科技用水乃至民生用水皆面臨缺水危機。在二、三月乾旱初期，政府協調相關地區農民休耕，節水供應其他用水以期度過缺水危機。但在五月後(邁入被寄與厚望的梅雨季)仍未出現氣候上原有較高機會的明顯雨量，中央在旱象加劇下成立抗旱指揮中心，實施民生限水。雖然五月下旬中南部地區因幾波的大雨早先解

除旱象，但北部(苗栗以北)缺水的情況則一直等到七月上旬雷馬遜及娜克莉颱風所帶來豐沛的雨量後，才使石門與翡翠水庫的蓄水回到安全水位，旱象得以全面解除。本文以台灣 19 個具較完整資料的氣候測站資料分析記錄此一時期各地的雨量特徵，目的是對此乾旱做初步的整理以提供日後進一步分析的參考。限於篇幅以下將以數張分析圖說明此期間雨量偏少的程度。

圖二繪製全省 19 個測站在 1951 年以來的雨量百分化排名，提供觀察近兩年台灣地區月雨量異常的程度。圖中在實(虛)線等值線以內的陰影區為百分化後占 70%(30%)以上的排名，表示雨量屬偏多(少)類別，陰影愈深，則異常的程度愈大。於圖中可見自 2001 年十月起至 2002 年六月，台灣各地雨量多處於明顯偏少的狀況，其中又以 2002 年四月份偏少的程度為最大，極端少雨(百分化排名 10%以下)含蓋範圍也最廣。以圖上方北部測站而言(如台北，站號 692、新竹，站號 757，等)，自 2001 年十月起連續 9 個月雨量多為在 40%以下偏乾的排名。圖的中段為中南部區域的測站資料(如台南，站號 741)，明顯雨量偏少的時期為 2002 年二月至四月，雖然在此之前月份中南部略有正常偏多的雨量，但因該時為處當地枯水期，實際累積雨量並不多。由圖下段所示東南部地區(如台東，站號 766)在二月以前的冬季時期略有達到正常的雨量，比較乾的時期為三月至四月。相較於其他區域，東南部的雨水連續缺少情形較不嚴重。

圖二表示了此乾旱時期各區月雨量連續偏少的情形，為更清楚定量說明降水量偏少的程度，以表一列出 2002 年上半年的 6 個月總雨量、距平，以及降雨比

(總雨量與氣候平均值的百分比)等其他參考訊息。由表中可見全省主要測站皆有大幅度的雨量偏少距平,以降雨比數值來看,多不超過 60%,表示不僅上半年總雨量比氣候平均值少,甚且不及平均值的十分之六。由自 1951 年的記錄來看, 2002 年上半年花蓮、澎湖及阿里山測站為排名第一的最乾年,而北部大部份地區則為繼 1963 年後的次乾年。

除了總雨量明顯不足外,雨日也顯示偏少,這也是本時期的一個重要特徵。圖三表示上半年各二個月三個分段的雨日情形,其中長條圖陰影區標示各站總雨日,空白區段則為雨日偏少的日數,距平數字標示於旁側,整個長條圖則為氣候平均雨日數。由圖可知,雨日偏少情形相當明顯,特別在冬季及春季雨日偏少可達總雨日的一半至三分至一。顯示此一少雨時期不只表現在總雨量偏少,也表現在雨日的偏少上。

為表達此乾旱時期因持續性少雨所累積的效應,圖四以北、中、南、東四個代表測站(台北、台中、高雄及花蓮)繪製其逐日雨量分布圖,其中直條圖表示日雨量值,實心粗曲線為各日自 2002 年一月一日所累積的總雨量值,虛線細曲線則為氣候平均值的累積值,由二條曲線的比較,可以很容易看出累積雨量隨時間與氣候值的比較情形,若實心曲線在下方,兩曲線之間呈深陰影區,即表示累積雨量偏少的程度;反之,若實心曲線在上方,兩曲線之間呈淡陰影區,就表示累積雨量偏多。由於本文分析的時段持續偏乾,圖六中全為深陰影區。由圖可見整期對台北而言雖在各季有一些降水機會,但日雨量皆不大,最大日雨量是出現在梅雨期有 51 公釐。由累積雨量與氣候值的比較,可見實際雨量自二月後就一直處在偏少的狀態,除春雨期間的少雨使距平加大外,梅雨期的雨量偏少更大幅增加距平的幅度。東部也有類似北部在梅雨期間擴大缺水幅度的狀況。由中南部的分佈圖則顯示一直到梅雨期才有較大的雨量,這也使得入梅前雨量的偏少距平已累計到數百公厘,之後在梅雨期間幾日豪大雨的出現,使距平幅度迅速縮小,不過出梅後偏乾的天氣型態又再度拉大差距。

整體而言,此次乾旱的特徵表現在本地區域的全面性及長時間的持續性。連續數月偏少雨的形成,除來自雨日的偏少外,在具有降水系統の日數中,雨勢也不太大。這種少雨特徵普遍出現在代表全省各分區 19 個測站的情形是歷年罕見的特點。所幸在冬春連旱後,進入熱帶擾動活躍的颱風季,及時的颱風雨解決連月的乾旱之苦。

二、天氣型態與區域環流特徵

為詳細記錄此乾旱時期台灣的气候特徵,本節繼續將上半年分成三個階段,分別說明在此期間台灣的天氣型態與主要的區域環流特徵。

1. 一月至二月

本期為氣候上的隆冬時期,台灣主要受東北季風及大陸冷高壓的影響,降水來源以伴隨中高緯擾動的鋒面系統為主,期末受南方勢力漸強影響,可有華南雲系東移的春型降水。分析 2002 年此期間的海氣資料顯示(圖五),台灣地區一月上旬為強東北季風的乾冷

型,中旬出現偏南風系統迅速轉為隆冬中的異常溫暖,在此強冷強暖期間都沒有明顯降水,下旬後因南支槽移入開始有類似春雨型的冷溼型態,直到二月上旬,所受影響以華南風切帶及鋒面系統為主,此段時間也是本期主要的降水期。二月中下旬雖仍有微弱鋒面伴隨冷空氣南下,但鋒面停留時間都很短,天氣型態以高溫少雨為主。自二月中起近乎零降水的情況更擴大入冬以來的少雨距平,也令相關單位在參考現況及預報資料後做出三月起農業休耕的決定。在環流方面,850 百帕氣流圖顯示東亞低層反氣旋勢力並不弱,整個東經 140 度以西副熱帶地區皆有偏強的偏北風距平,台灣落在反氣旋後方較穩定區。由地面氣壓場可見大陸冷高壓不強,在西北太平洋的中高緯低壓偏弱,這與台灣附近鋒面系統偏弱的現象是一致的。500 百帕高度場顯示整個亞洲及太平洋區皆為明顯的正距平,東亞主槽勢力不強,中高緯波動不明顯,是冬季雨量偏少的主要原因。

2. 三月至四月

由圖六台北代表站資料看來,三、四月是高溫,與東亞大陸同為明顯偏暖型態。本期大陸冷高壓偏弱,東亞沿岸氣候槽區持續冬季以來偏高壓距平的型態。在三月 14-17 日及下旬雖然有華南鋒面帶伴隨雷雨系統靠近台灣,但因位置偏北,對台灣影響有限。四月受副高系統控制,仍呈現高溫少雨氣候。由 500 百帕高度場可見本期東亞沿岸附近仍存在大範圍正距平,中高緯擾動不易南壓。分析水汽資料,由華南沿岸經台灣至日本南方附近為一狹長偏乾距平,與鋒面偏弱的信號一致。此外,中南半島附近熱帶水汽的偏弱及副高在東南亞海域的偏強也都是不利於台灣降雨的因素。

3. 五月至六月

本期為台灣的梅雨季節,是僅次於颱風季的重要降雨季節。梅雨的雨量多寡可受東亞西南季風強弱的影響。2002 年南海西南季風的肇始約在五月中,與氣候時間相同,但在肇始以前南海季風區持續四月偏強的高壓系統,台灣仍處在高溫乾旱的天氣型態。季風肇始後低層印度洋西風移入南海區,並帶來台灣今年第一道梅雨鋒面,北方中緯度 500 百帕高度場也由持續多時的正距平轉為負距平,不過隨後西北太平洋哈吉貝颱風發展,副高勢力迅速退至東經 140 度以東,使低層輻合帶遠離台灣地區,除中南部外,多處久旱之區仍未能達到正常的梅雨降水。六月上旬持續五月西南氣流偏南型態,降雨主要在中南部,久旱的北部持續偏乾。8 日在鋒面低壓帶上形成諾古力颱風,包含其形成前的熱帶低壓時期,此颱風對東南部雨量有一些貢獻。六月中旬起中高緯擾動系統移入,鋒面由北南下,而副高的西伸使輻合帶終於移至台灣北部,中部以北地區開始出現明顯雨勢,台北也在此時降下今年以來最大日雨量 51mm。雖然數日的梅雨鋒面帶來降水略解水荒,但中旬末梅雨鋒面北抬,強盛的副高籠罩台灣,又回復偏乾的天氣。對六月而言,雖然有中高緯擾動移入,但槽區位置偏東,對台灣降水影響有限。此外副高在中旬起即明顯西伸,勢力涵蓋台灣東部及南部地區,也是影響少雨的重要因素。

三、大尺度海氣特徵

台灣受海氣各種不同尺度系統的影響，各月的變化或有不同，在各分區的氣候特徵也時有不一致，發生持續數月同相氣候偏差的情形並不常見，通常是伴隨著較大尺度海氣異常情形。雖然從逐月分析中瞭解少雨的直接因素與冬春鋒面系統偏弱及南方高壓的偏強有關，但要更清楚說明全球海氣結構影響台灣 2002 年上半年少雨的途徑並不容易，許等(2002)針對 2001 年至 2002 年台灣地區由多雨進入少雨型態提出一些看法，認為熱帶的對流位置改變及冬春冷高壓與斜壓性偏弱是影響少雨的重要因素。本文整理此乾旱時期台灣氣候變異情形，也將同時記錄此時期重要的海氣特徵。

為觀察同時期其他區域雨量分布狀況，首先利用 CAMS_OPI(Janowiak and Xie 1999)、OLR等資料檢視全球降水分布的情形，由圖八可發現 2002 年上半年台灣的乾旱現象並非局部的異常現象，在亞澳地區包含日本、中國東南沿岸區以至中南半島、印尼及澳洲東部皆同樣呈現明顯偏乾，其他在北半球中低緯度地區如中美洲、美加及南歐、西亞也都呈現大範圍的少雨距平。由各國所傳出的乾旱災情與 2002 年八月聯合國氣象組織對傳媒公布該年旱澇初步報告可確認本文使用全球降水估計資料的可參考性。至此，我們可以推估 2002 年台灣的乾旱是全球性氣候變異的現象的一部分。2002 年上半年的重要海氣特徵略述於下：

(一)全球溫度再攀升、陸地平均溫度創新高。近一、二十年全球溫度有暖化現象，在 1998 年時並出現一次明顯的躍升，全球氣溫達到百年來前所未有的高溫。根據美國國家氣候資料中心(NCDC/NOAA)的統計，2002 年上半年全球氣溫再度出現類似 1998 年的高溫距平躍升，為第二大距平值。若僅以陸地資料來看，則為破記錄的高值，對 1880 至 2001 年的平均值而言，距平達攝氏+1.14 度。相同於全球溫度變化的趨勢，台灣各區在 2002 年上半年也多有極端的高溫值，以 12 個平地測站平均值代表台灣地區，則 2002 年為近五十二年來的最暖年，並且其距平值+0.97 與 1998 年的+0.93 皆比其他暖年高出許多。

(二)發展中的聖嬰現象。由監測聖嬰現象常用的 NINO3.4 指數(赤道東太平洋西經 170 度至 120 度、南北緯 5 度的海面溫度距平)可見在 2002 年六月以後才有較顯著的高值(未附圖)，海溫圖也顯示前半年太平洋熱帶暖海溫只局限在中太平洋，平均距平強度並在攝氏 1 度以下。聖嬰現象在上半年可說尚未成型。不過由圖八中水汽分布的情形，的確顯示類似聖嬰時期熱帶對流區向東偏移的狀況。因此雖然由各種指標顯示此時仍未達聖嬰現象標準，但自 1998 年後長達三年的反聖嬰現象控制的海氣背景的確已經改變(圖九)，自 2001 年下半年起，中太平洋海溫升高，大範圍熱帶對流區以頻繁的季內振盪形式由海洋大陸區移入近換日線區，這個位置的改變直接影響到鄰近地區的氣候變化，如印尼、澳洲的乾旱即受此波及。

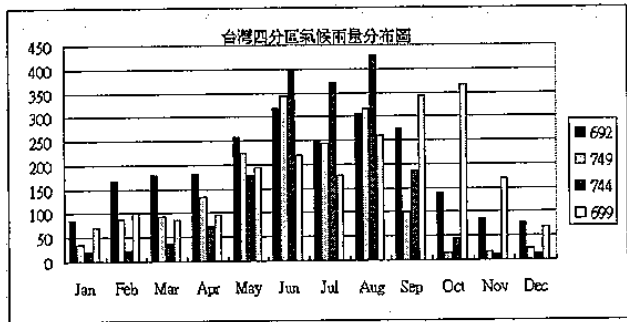
(三)北半球緯向異常環流結構。以氣候背景而言，冬春時期在東亞沿岸附近的中高層東亞大槽是導引北方冷氣團南下及提供冬春鋒面斜壓不穩定環境的重要系統。500 百帕高度場 2002 年上半年平均圖顯示東亞主

槽區為明顯正距平(圖十)，氣候槽場勢力微弱，若以整個北半球而言，可見距平呈現緯向結構，主要負距平集中在高緯度並略偏歐美地區，中緯度則多為正距平區。這種緯向分布減弱中緯度的經向流，其與北半球中低緯度多處少雨現象的關連值得進一步分析。而對台灣地區而言，東亞主槽偏弱使北方冷系統不易南下，並使斜壓擾動不明顯，確實是影響少雨的直接原因。

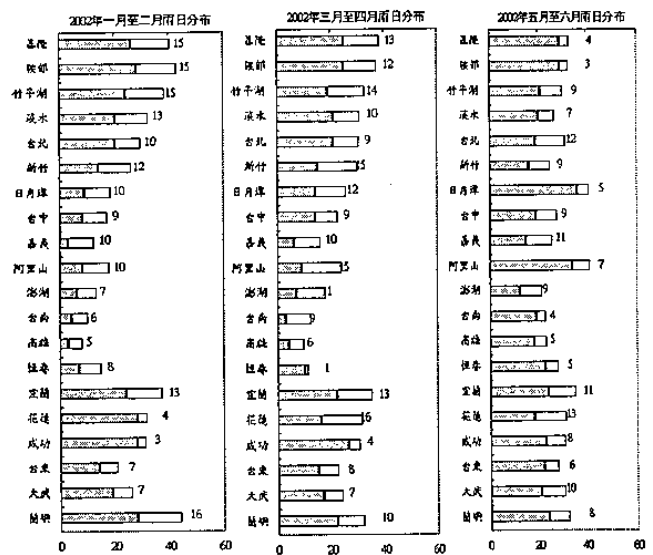
四、參考文獻

許晃雄、陳圭宏、陳雲蘭，2002：從澇到旱：2001 年夏季-2002 年春季間大尺度環流的轉變。2002 地球系統科學研討會論文集，A-18。

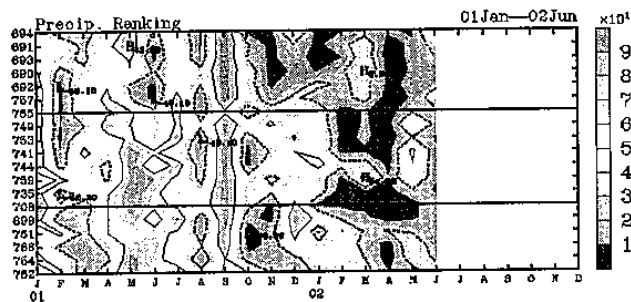
Janowiak, J. E. and P. Xie, 1999: CAMS_OPI: A Global Satellite-Rain Gauge Merged Product for Real-Time Precipitation Monitoring Applications. *J. Climate*, vol. 12, 3335-3342.



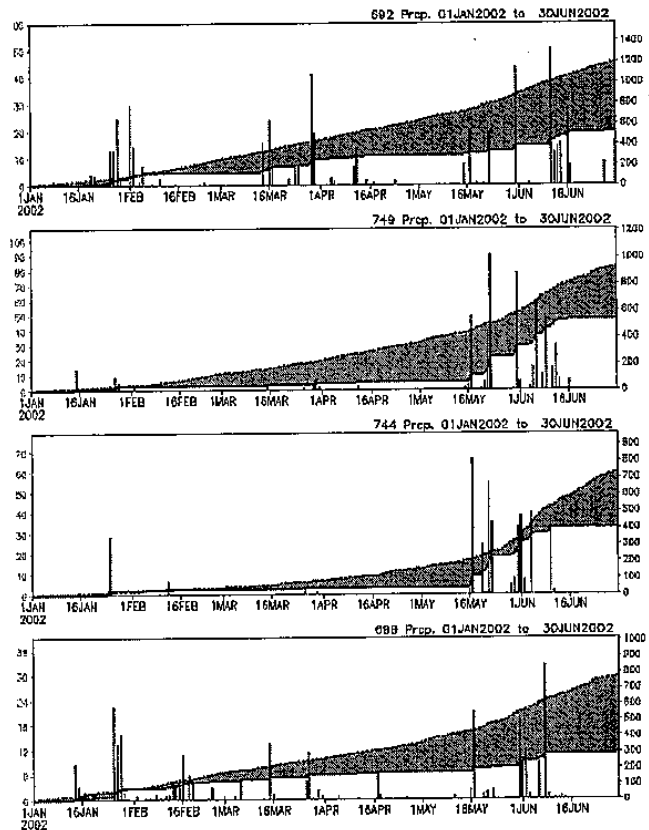
圖一、台灣地區四個分區代表站(台北、台中、高雄及花蓮)全年逐月氣候雨量分布圖。



圖三、2002年上半年台灣地區各測站實際雨日資料與氣候雨日比較圖。其中長條圖陰影區標示各站實際總雨日，空白區段則為雨日相對氣候值偏少的日數，距平數字標示於旁側。整個長條圖長度則為氣候雨日數。



圖二、2001年至2002年六月台灣地區19個測站雨量百分化排名。圖中實(虛)線等值線以內的陰影區為百分化後占70%(30%)以上的排名，顯示雨量為偏多(少)類別，且陰影愈深，則異常的程度愈大。

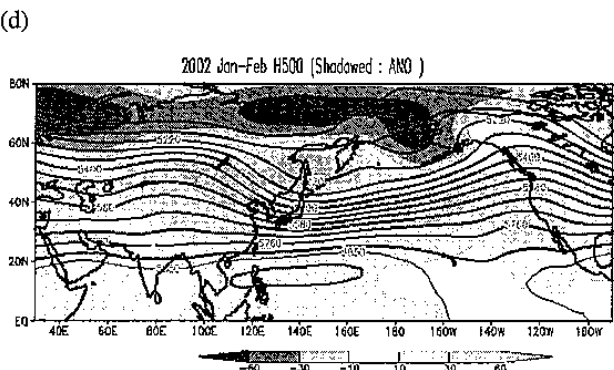
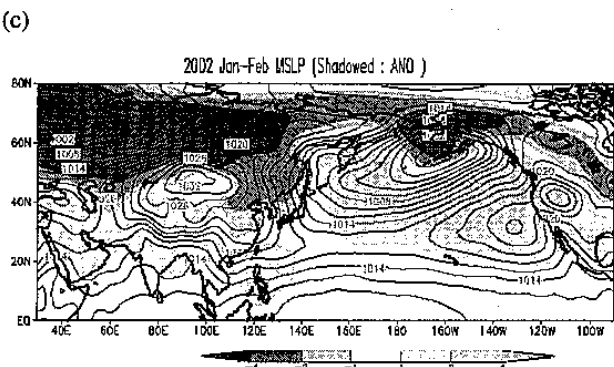
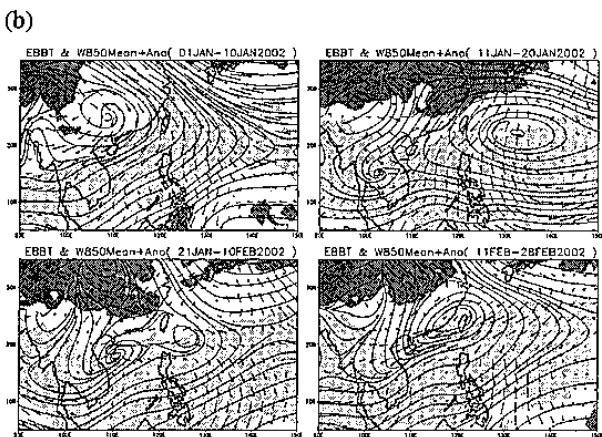
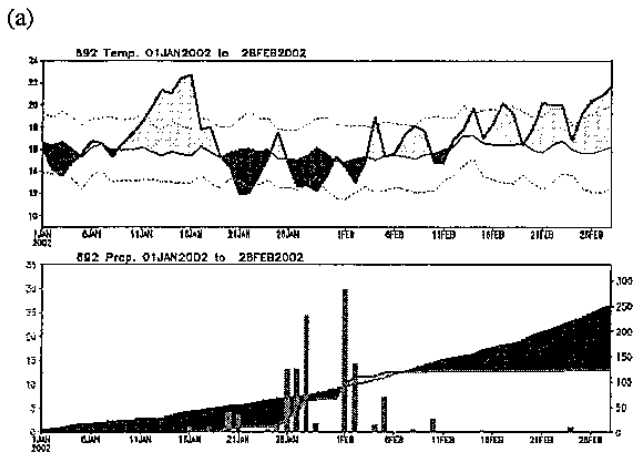


圖四、2002年一月至六月台灣四個代表測站每日雨量與每日自一月一日累積雨量分布圖。由上而下分別為台北、台中、高雄及花蓮站資料。圖中由實際累積值實心曲線與氣候累積值虛曲線形成的陰影區表示出雨量偏少的程度(圖說詳見內文)。

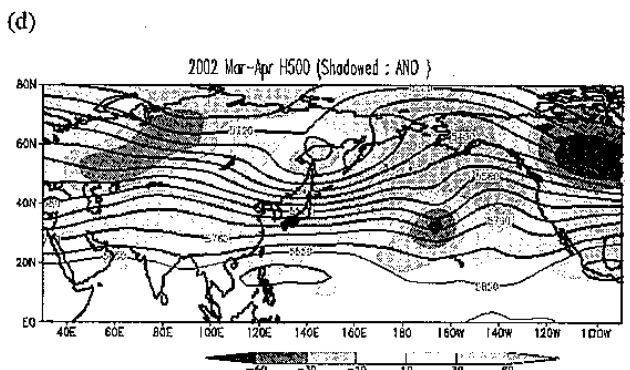
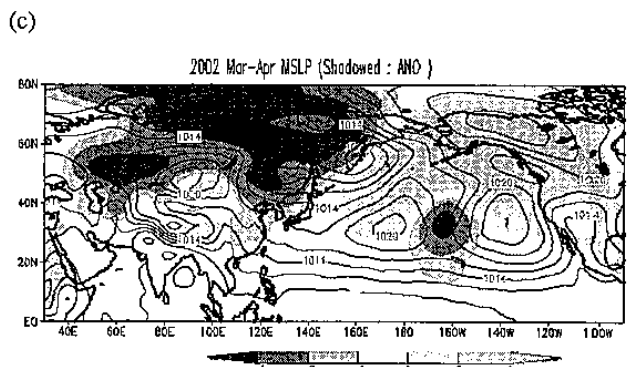
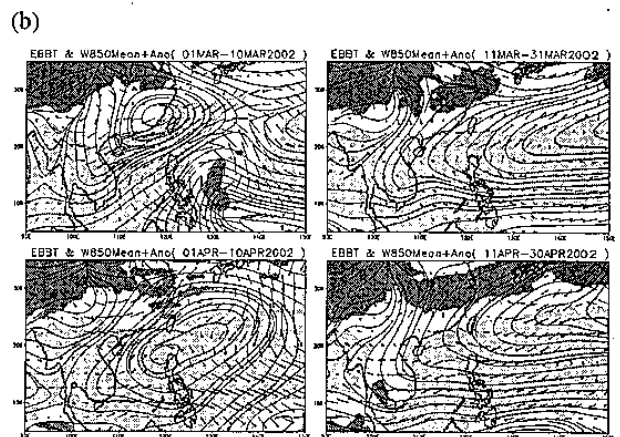
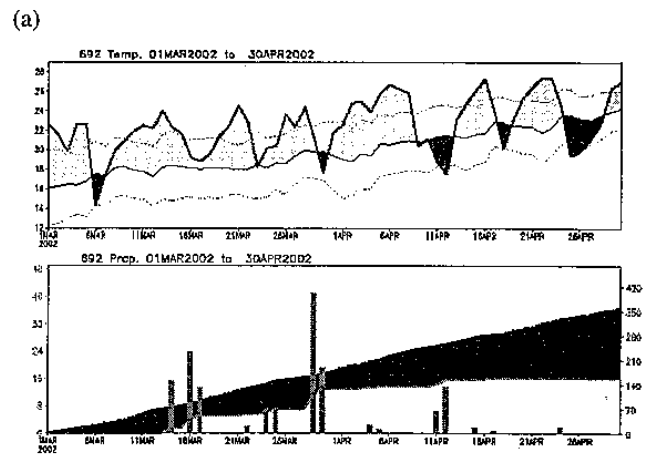
2002年一月至六月	測站名稱	降雨量	距平	降雨比	歷史排序	歷史最少雨年	歷史最多雨年	
基隆	1045.0	-845.9	55	51	621.7	1963	3094.8	1990
蔴坡	965.7	-841.8	53	51	732.0	1963	2658.0	1984
竹子湖	656.6	-988.2	41	51	624.2	1963	2324.3	1984
淡水	477.4	-637.3	42	51	390.8	1963	1560.4	1990
台北	530.8	-602.7	44	51	501.6	1955	2039.7	1998
新竹	527.1	-649.5	44	50	424.1	1963	2032.0	1983
日月潭	652.1	-653.1	49	50	519.3	1963	2037.8	1972
台中	525.9	-394.6	57	47	401.0	1963	1546.2	1998
嘉義	329.7	-465.2	41	33	315.5	1962	1633.3	1980
台南	757.2	-1134.0	40	52	757.2	2002	3198.9	1951
高雄	188.3	-396.4	21	52	188.3	2002	989.8	1990
屏東	488.6	-306.5	57	40	193.7	1980	1806.4	1977
花蓮	400.2	-330.5	54	45	87.6	1971	1543.5	1998
台東	380.4	-271.6	58	44	288.9	1980	1333.0	1998
澎湖	357.9	-648.3	35	54	338.7	1963	1634.2	1990
金門	309.0	-459.3	40	52	309.8	2002	1596.9	1990
馬祖	427.9	-288.8	59	49	324.0	1982	1371.5	1990
大武壠	306.0	-306.1	49	40	199.0	1980	1493.5	1990
大武壠	497.2	-315.1	61	45	358.2	1980	2033.0	1957
大武壠	938.5	-409.6	69	47	703.1	1993	2160.1	1996

排序1：最溼年
排序52：最乾年(嘉義站除外，其最乾年排序為34)

表一、台灣地區2002年一月至六月總雨量資料列表。其中歷史排名為自1951年資料起算，排名序號1為最溼年，52為最乾年。

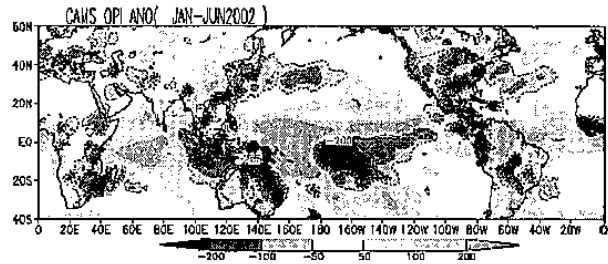
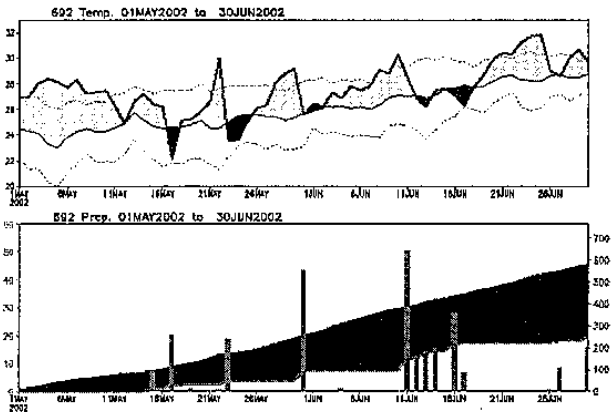


圖五、2002 年一、二月分析圖。由上而下分別為台北
站日溫度、雨量分布圖、區域低層風場平均距平及
EBBT 合成圖、海平面氣壓，以及 500 百帕高度場平
均距平圖。



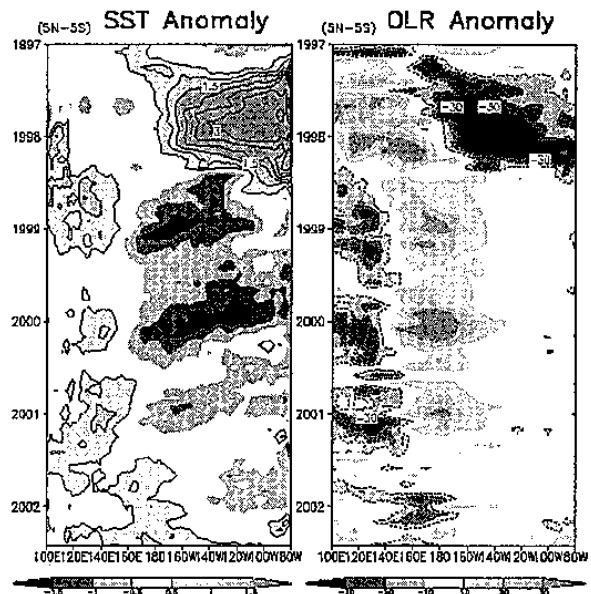
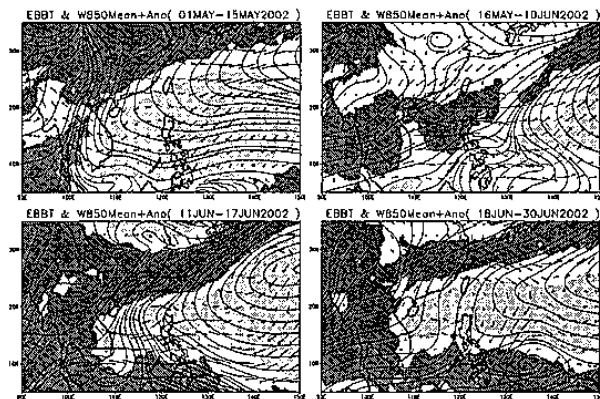
圖六、同圖五，但為三、四月分析圖。

(a)



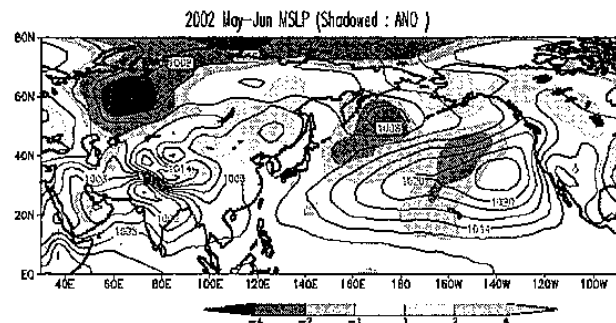
圖八、2002 年一至六月 CAMS_OPI 距平圖，虛曲線陰影區代表降水偏少區域。

(b)

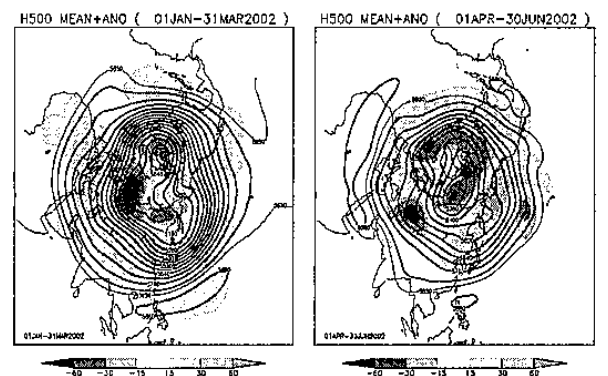
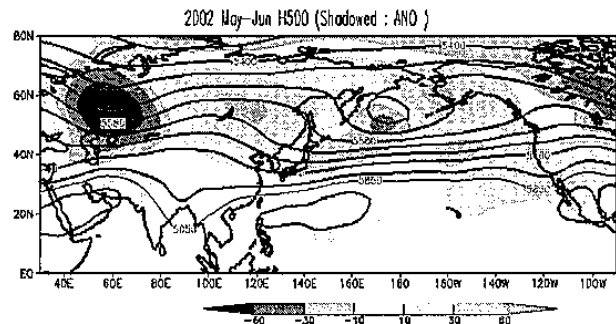


圖九、1997 年至 2002 年六月海溫與 OLR 經度-時間剖面圖。左圖為赤道海溫距平，右圖為赤道 OLR 距平圖。實曲線陰影區為正距平，虛曲線陰影區為負距平。

(c)



(d)



圖十、2002 年上半年北半球 500 百帕高度平均及距平場。左圖為一月至三月平均圖，右圖為四月至六月平均圖。淺(深)陰影區為正(負)距平區。

圖七、同圖五，但為五、六月分析圖。