

# 台灣地區夏季乾旱之監視與預報（一）： 多雨年與少雨年的氣象條件

吳明進  
台大大氣科學系

（中華民國八十年十二月九日收稿；中華民國八十一年二月十七日定稿）

## 摘 要

分析台灣地區夏季七、八、九月，各地降水的特徵，探討台灣地區夏季乾旱的特性，分析各月降水、和El Nino。颱風發生數、登陸數、以及北半球500毫巴環流與太平洋海面溫度間的關係，來探討夏季乾旱的成因，作台灣地區夏季乾旱之監視。找出其領先因子，作為乾旱長期預報的參考。

結果發現台灣地區夏季的降水常具有相當強度，大部份和颱風有關，在空間上有相當的一致性，在時間上則相關較不明顯。八月和九月的降水量有相反的趨勢。七月降水在El Niño年增加。七、八、九月的降水皆和北半球500毫巴的副熱帶高壓的強度及位置有關。七月的乾年副高較強且延伸到中國大陸東南。八月的乾年太平洋副高向東退縮。亞洲南邊的高壓脊往東延伸，籠罩台灣地區。九月的乾年副熱帶高壓偏東而正距平籠罩台灣地區。七、八、九月的降水也和熱帶太平洋的海面溫度的分佈成明顯的關係，七月和八月的乾年，西北太平洋海面溫度較高，東太平洋海面溫度則較低，九月乾年的情形則相反。可能的原因為西北太平洋海面的高溫加強熱帶的對流活動，因而改變副熱帶高壓的強度及位置，而分別造成台灣地區七月和八月的少雨和九月的多雨。由於海面溫度有相當的延續性，故熱帶太平洋的海面溫度，可能成為台灣區夏季乾旱預報的一領先指標。

關鍵詞：夏季乾旱、颱風、副熱帶高壓、熱帶太平洋海面溫度。

## 一、緒 言

乾旱為台灣四大災變天氣之一，每年平均損失約為二億元新台幣以上（謝與陳，1985）。影響較為嚴重者首推春季和夏季的乾旱。春季的乾旱常會影響都市用水和春耕。而夏季乾旱，由於時值盛暑，乾旱常造成都市用水之緊張和用電之過載。夏季的乾旱，降水減少，水力發電之功能降低，而一般用水和用電卻急速增加，如果沒有預先準備常會造成水資源和電力資源調配之鉅大困難。水電資源之管理規劃必須參考正確的長期預報，本研究的目的

即是從了解夏季乾旱之成因著手進而發展出一套可行的夏季乾旱的長期預報模式。

台灣地區位於東亞季風區，冬季和夏季季風都很明顯。夏季盛行西南季風，夏季的降水主要由地區性的氣團熱雷雨和熱帶低壓和颱風所帶來。降雨的空間和時間上的分佈的特徵，決定乾旱發生的機會，所以本文首先分析台灣地區夏季降水在時間、空間上分佈的特徵。

北太平洋副熱帶高壓範圍廣且持續性強，在大氣環流中扮演一重要角色，是影響東亞夏季天氣最主要的系統。春夏之間太平洋副熱帶高壓脊

線逐漸北移，因而對北半球中緯度及副熱帶地區的天氣造成很大的影響。Nakamishi (1972)和Tanaka (1987)即指出太平洋高壓的演化和東亞天氣的關係。Kurihara (1989)則更進一步指出副熱帶高壓位置和高壓帶南邊的對流活動，與日本地區夏季溫度與降水的關聯性以及熱帶太平洋大氣環流和日本各地氣候之遙相關。台灣方面，台灣地區1988年初夏發生嚴重乾旱，而世界各地氣候也反常，同樣的情形也發生於1980年。吳與王(1981)曾對此個案進行研究指出，1980年5~8月台灣地區均在太平洋副熱帶高壓控制之下，故1980年台灣地區的乾旱和環流異常有關而進一步的原因則未作研究。夏季乾旱與環流異常有何關係？那種形態的環流異常會導致乾旱？環流為何異常？有無領先的指標可以追蹤？如何應用到乾旱的長期預報這就是本研究所欲探討的問題。

副熱帶高壓的變化，短期內可能和西太平洋的高海溫區對流活動的低頻振盪有關(Lau and Chan, 1986; Lau and Philips, 1986; Chen and Murakami, 1988)。年際變化則深受 El Niño/Southern Oscillation (ENSO)的影響(Deser and Wallace, 1987)，因而東亞的氣候即和ENSO有關(Lau and Li, 1984)，而ENSO現象又和熱帶太平洋地區的海面溫度有關(Philander, 1990)，因而研究ENSO以及太平洋海面溫度與台灣夏季氣候的關係也成爲了解台灣夏季氣候不可或缺的一環。

美國中西部地區1988年六月發生嚴重的乾旱，Ropelewski (1988)研究發現乾旱的發生和高層噴流條北移，高壓籠罩加拿大中南部和美國中北部的關係密切。此環流類型使得風暴路徑北移，造成美國中西部六月的乾旱。Trenberth et al (1988)以線性模式模擬研究認爲1988六月的乾旱基本上是由熱帶東太平洋的負的海面溫度距平所引起。Mo et al(1991)以NMC的大氣環流波譜模式模擬研究發現1988年六月異常環流型態和初始條件及邊界條件(即熱帶太平洋海面溫度距平)都有關。乾旱發生前以有在一緩慢演化的結構特徵，海面溫度距平只是加強這環流的特徵，光是海面溫度距平並不會造成乾旱。美國中西部夏季的乾旱和台灣地區夏季的乾旱到底有何差異，也是我們有興趣的問題。

本文第二章將略述研究使用的資料和方法，第三章將探討台灣夏季降水的特徵，第四章討論臺灣

地區夏季降水和北半球500毫巴環流的關係，第五章討論台灣地區夏季降水和熱帶地區海洋表面溫度分佈的關係，第六章作結果的綜合討論。

## 二、資料

本研究使用的資料有台灣地區各測站1946年—1990年七至九月的日降水。測站的分佈和分區如圖1所示，等值線顯示台灣區的地形。以及1946—1990年7—9月的西太平洋颱風數，颱風登陸數，以上資料由中央氣象局提供。本研究也使用NMC 1995—1990年七至九月18°—90°N、500 mb高度場5°×4°網格資料，以及全球1958—1990年2°×2°網格月平均海平面溫度資料。北半球500毫巴高度場資

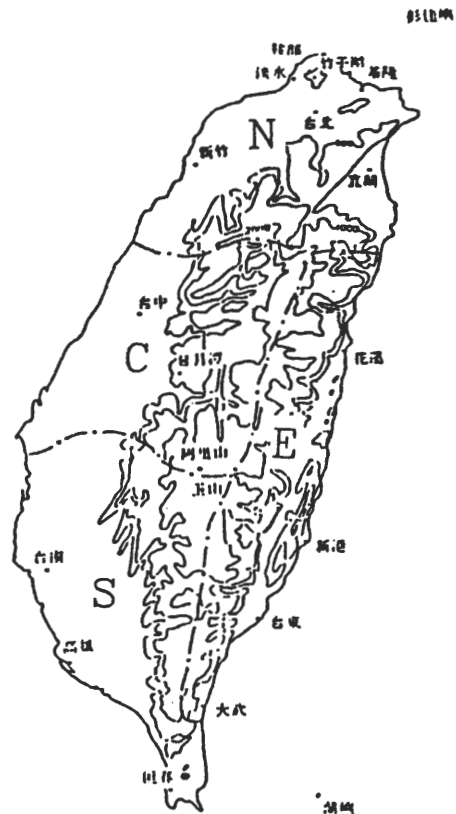


圖1 台灣地區雨量站之分佈圖及分區，圖中N代表北部、C代表中部、S代表南部、E代表東部，N、C、S組成西部。



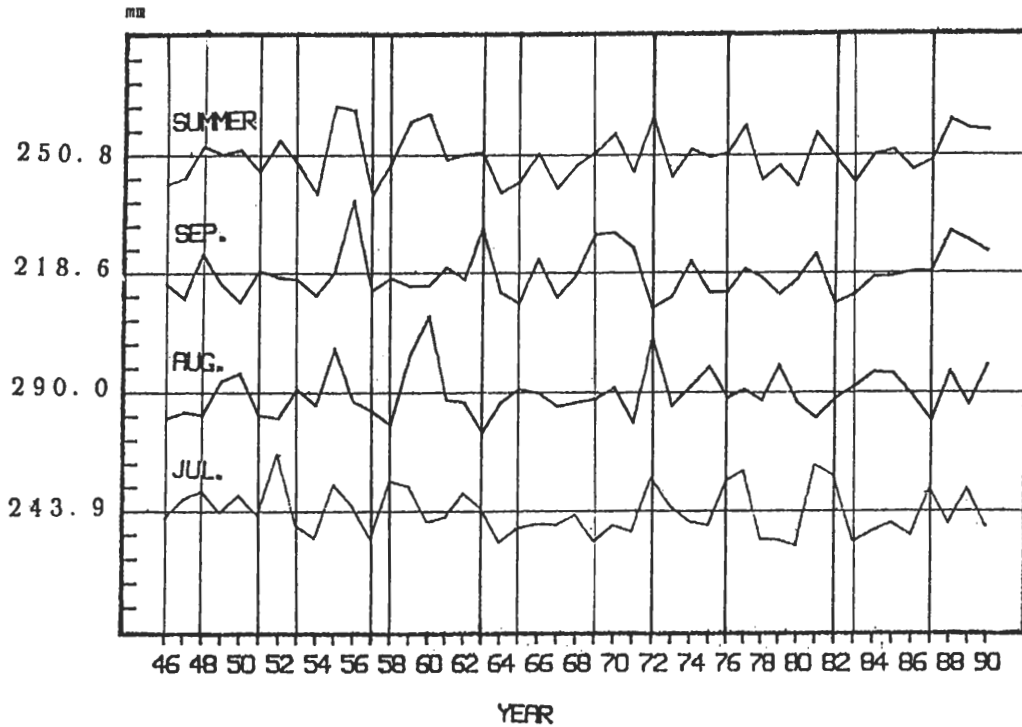


圖2 台灣西部地區1946-1990年七、八、九月及夏季降水之時間序列，黑直線代表 El Nino 年。

1976，最少者為1980，1979，1969，1964和1978，八月平均降水最多的五年依序為1960，1972，1955，1959和1979，八月平均降水最少的五年為1963，1958，1971，1981和1987，九月平均降水最多的五年依序為1956，1963，1969，1970和1988，最少者為1972，1982，1965，1973與1967，依此分別定義了各月的濕年和乾年。個案數的選取，主要是考慮降水的極端值和合成分析的顯著性。最乾和最濕的五年分別佔降水總樣本數之14%，約為1.1個標準差。以西部的降水為準分別製作了各乾溼年，七、八、九月的北半球500毫巴高度場平均圖和距平圖如圖3-8所示。圖3為七月多雨年的合成圖，圖4為七月少雨年的合成圖，多雨年極渦偏向亞洲北部，歐洲地區為正距平，北太平洋副熱帶高壓較弱，從亞洲南部往東延伸經台灣至北美洲西岸皆為負距平區，相對的少雨年極渦偏向北美洲北部。從中亞北部往西南及往東南經台灣

至北美洲皆為正距平區，太平洋副熱帶高壓發展強盛，5880 gpm~等值線由東往西延伸，籠罩台灣和中國大陸東南地區，圖5為八月多雨年的合成圖，圖6為八月少雨年的合成圖。多雨年白令海峽北部和歐洲地區為兩大正距平中心。從中國大陸往東至北美西岸的中緯度為正距平，太平洋高壓較少雨年偏西北，台灣位於由低緯度往北延伸的負距平區，少雨年極渦偏向北美洲北部。高緯度地區多為正距平區。相對的，中緯度地區則為負距平。太平洋高壓略偏東，亞洲南面的高壓脊往東延伸，台灣處於正距平區，這種副熱帶高壓的位置不利於熱帶氣旋西進侵襲台灣地區。圖7為九月多雨的合成圖，圖8為九月少雨年的合成圖，多雨年極渦偏向亞洲北部，從亞洲北部往東延伸的高緯度地區為負距平區，而從中國大陸往東延伸的中緯度地區則為正距平區。副熱帶太平洋高壓較強且往西延伸，台灣卻

THE MEAN & DEPARTURE OF GEOPOTENTIAL HEIGHT  
IN JUL. WET COMPOSITE

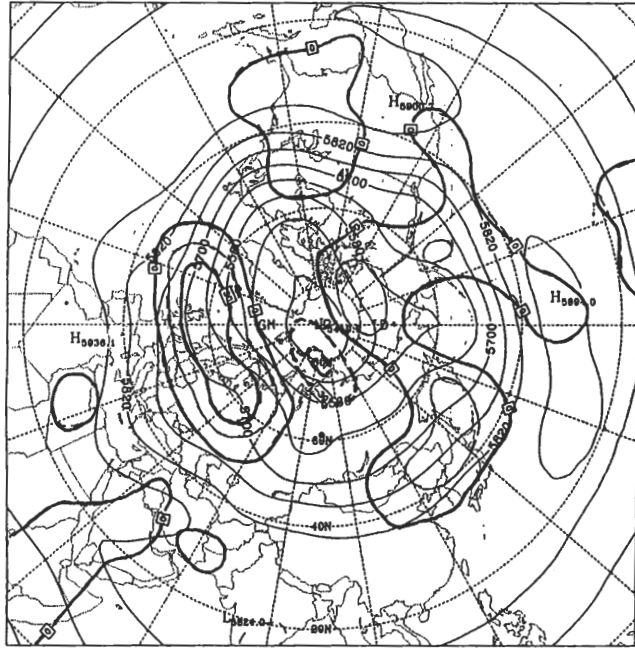


圖3 乾年七月北半球500毫巴高度場和距平之合成圖，負的距平以虛線表示，正的距平為粗實線。

THE MEAN & DEPARTURE OF GEOPOTENTIAL HEIGHT  
IN JUL. DRY COMPOSITE

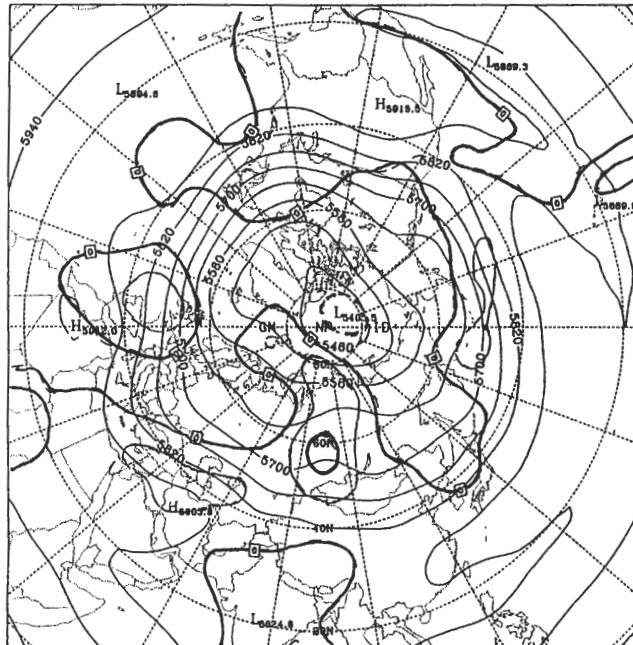


圖4 同圖3，但為溼年七月。

THE MEAN & DEPARTURE OF GEOPOTENTIAL HEIGHT  
IN AUG. WET COMPOSITE

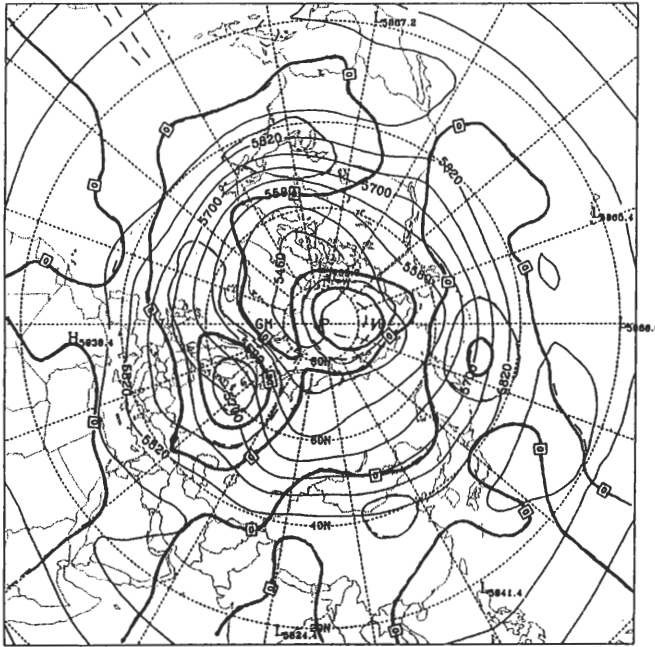


圖5 同圖3，但為乾年八月。

THE MEAN & DEPARTURE OF GEOPOTENTIAL HEIGHT  
IN AUG. DRY COMPOSITE

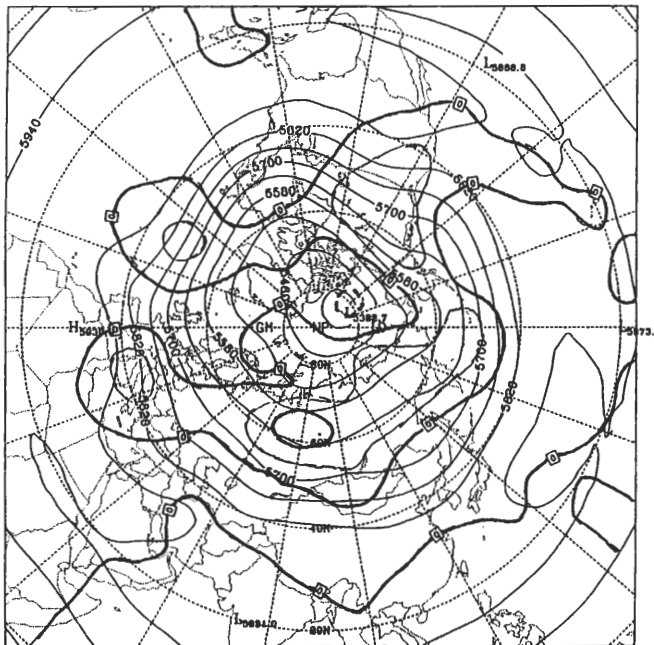


圖6 同圖3，但為溼年八月。

THE MEAN & DEPARTURE OF GEOPOTENTIAL HEIGHT  
IN SEP. WET COMPOSITE

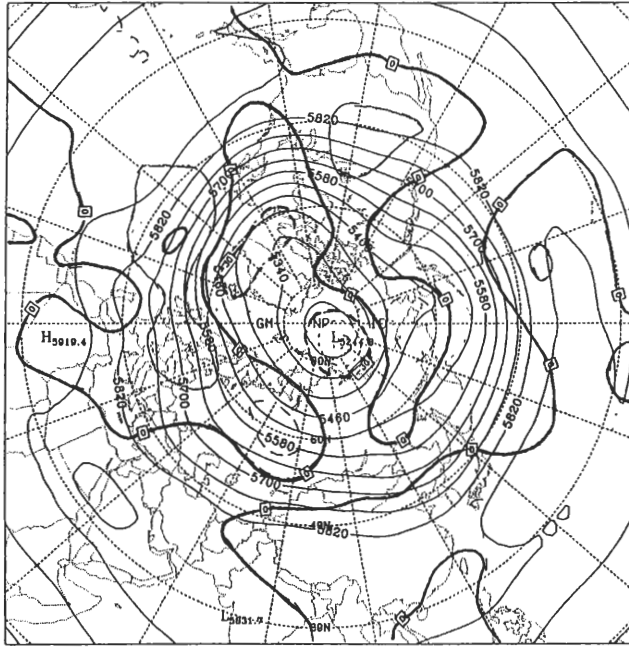


圖7 同圖3，但為乾年九月。

THE MEAN & DEPARTURE OF GEOPOTENTIAL HEIGHT  
IN SEP. DRY COMPOSITE

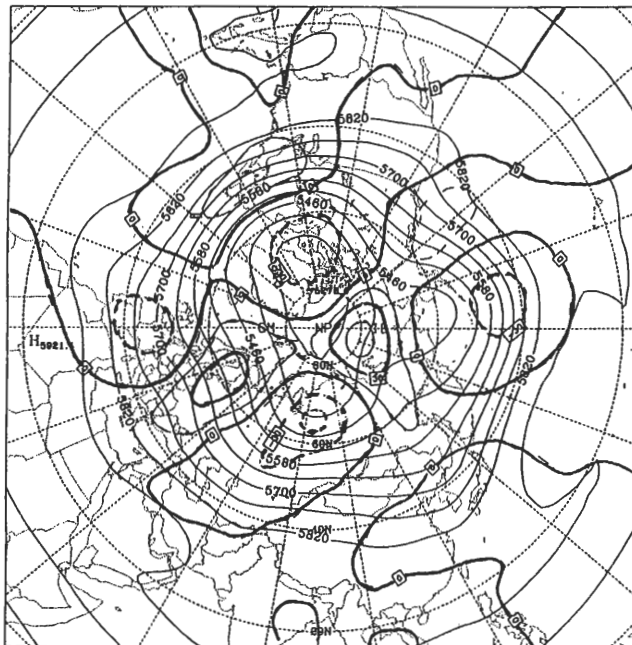


圖8 同圖3，但為溼年九月。

位於由南海往北延伸的負距平區。這樣高壓的位置有利於熱帶氣旋在台灣附近轉向而侵入台灣地區。少雨年則極渦偏向北美洲北部，太平洋高壓減弱且偏東，台灣位於由中國大陸南方往東延伸的正距平區中。這樣的高壓位置和強度造成西進熱帶氣旋提早轉向。

## 五、乾年與溼年的熱帶太平洋海面溫度

以第四章所述的七、八、九月的乾溼年為準，製作同時及領先三個月的熱帶太平洋海面溫度的乾年及溼年合成圖。由於乾年與溼年海面溫度距平特徵相反，為了突顯乾年的海面溫度距平特徵製作乾年減溼年的海面溫度距平合成圖。七、八、九月的乾年減溼年海面溫度距平合成圖如圖9—圖11所示。七月乾年主要的海面溫度特徵為西北太平洋地區及東太平洋 $10^{\circ}\text{N}$ 以北地區異常增暖，而從東太平洋，延著赤道延伸到 $170^{\circ}\text{E}$ 的低緯度地區海面溫度則異常低降，這個訊號即在四月即已出現，而至七月最為顯著。七月溼年的情形則剛好相反，西太平洋海面溫度偏低而東太平洋和赤道中太平洋的海面溫度則偏高。這特徵在乾年減溼年的合成圖中更加顯著（圖9），西太平洋的高溫和東太平洋的低溫，在許多地區到達高統計顯著性。

八月乾年海面溫度主要的特徵類似於七月乾年

海面溫度的特徵，西太平洋地區仍然異常增暖，而東太平洋海面溫度仍然偏低，不同的是八月乾年東太平洋海面溫度負距平的地區往南、北半球副熱帶地區擴展，而西太平洋海面溫度的正距平則延著赤道往東延伸超過換日線。此訊號在幾個月前出現而至八月最為顯著，八月溼年的海面溫度特徵和八月乾年相反，所以這特徵在乾年減溼年的合成圖中更突顯出來。西太平洋的正距平有許多地區達到高統計顯著性（圖10）。

九月乾年海面溫度距平主要的特徵和七、八月乾年的特徵相反，即乾年西太平洋海面溫度偏低，而從東太平洋延著赤道延伸 $170^{\circ}\text{E}$ 的低緯度地區海面溫度則異常偏高，此訊號也是在幾個月前出現而在九月達到最高峰，九月溼年的海面溫度距平主要的特徵和九月乾年相反，即西太平洋的海面溫度偏高，而從東太平洋延著赤道往西延伸的低緯度地區海面溫度偏低，因而在乾年減溼年的海面溫度合成圖中更突顯出九月乾年的特徵，在換日線附近赤道區的正距平達到很高的統計顯著性。

## 六、綜合討論

台灣地區由於人口密度高，所以水資源顯得匱乏，特別是近年來產業發達，水資源的供給更顯得緊張。春、夏二季的乾旱常常帶來嚴重的衝擊，更顯得水資源管理規劃的重要性，而要做好水資源規劃

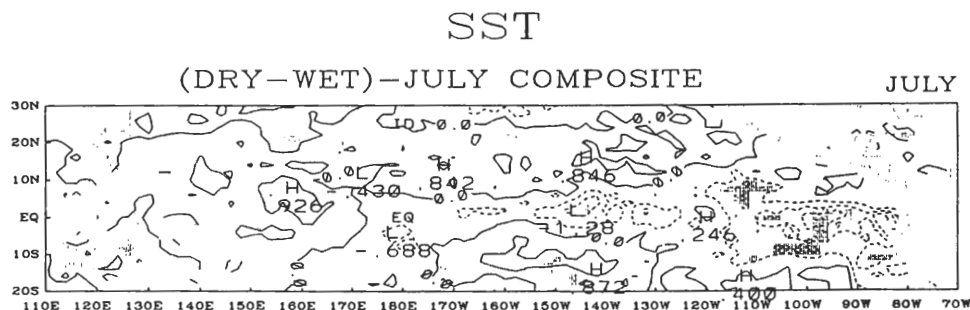


圖9 七月乾年減溼年熱帶太平洋海面溫度差和顯著度合成圖，陰影區表示超過90%顯著度。



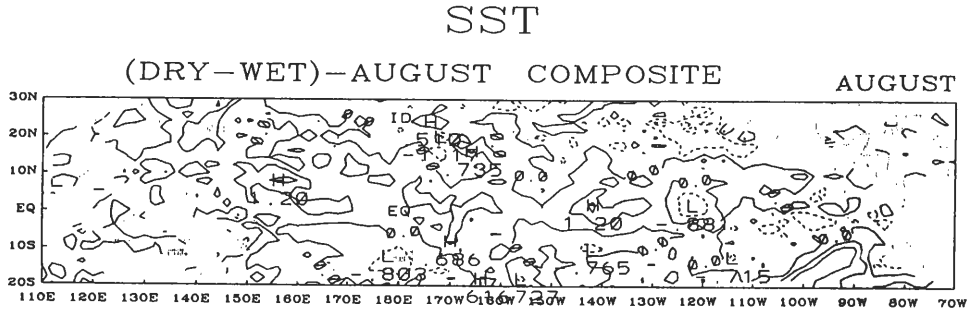


圖10 同圖9，但為八月。

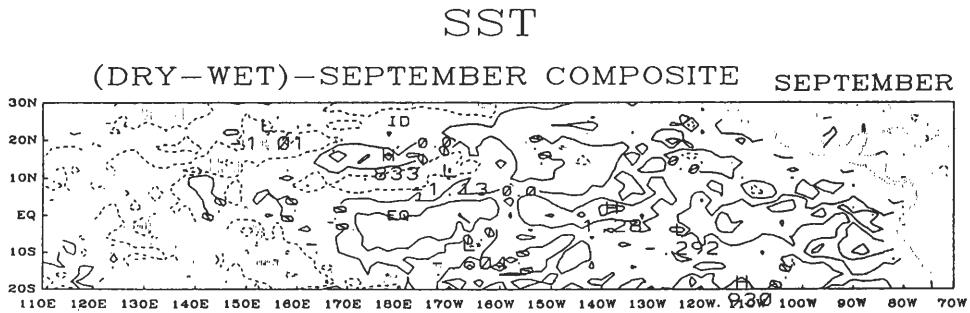


圖11 同圖9，但為九月。

管理，正確的降水量的長期預報是不可或缺的。本研究的目的即在於從了解夏季乾旱的成因著手，期能透過對乾旱問題的了解，從而發展出一套可行的長期預報模式。從以前的研究我們已知夏季的乾旱和太平洋高壓的強度和位置可能有關，而由大氣環流的研究我們也預想太平洋副熱帶高壓的強度可能和熱帶地區的對流活動有關，而太平洋熱帶地區海面溫度必和乾旱的發生有關。而太平洋海面溫度的分佈又與全球尺度的遙相關—即南方振盪有密切關聯，所以也預想乾旱必和全球尺度環流有關。又台灣地區夏季的降水有一大部份與颱風有關，因而對

於乾旱的問題，我們也注意到颱風的發生和侵襲個數的問題，從這個觀點出發我們分析了台灣地區夏季的降水及其與颱風數、侵台數、南方振盪及北半球500毫巴高度場和熱帶太平洋海面溫度的關係，以探討台灣地區夏季乾旱發生的原因。

第二章敘述資料的來源和分析的方法，由於重點在於乾旱的發生機制，所以本文主要以降水量的極端年為基準比較乾年和濕年大氣和海洋環流之特徵。

第三章分析台灣地區降水的特徵。由夏季各測站之逐月降水之空間和時間分佈，可見夏季的降水

常有很大的強度。大強度降水佔總降水量相當大的比例，而此大強度的降水多和颱風有關。由各測站之七、八、九月降水之資料之時間和空間分佈可見夏季降水在空間上有明顯的一致性，但在時間上，關係較不顯著，唯八月和九月的降水有相反的傾向。El Niño年，七月降水明顯的增加。由於月降水在空間上一致而在時間上則不一致，所以探討乾旱的問題，是以西部降水為準，分月討論其特徵。

第四章分析七、八、九月降水和500毫巴環流的關係，由合成圖可見，各月的降水和北半球500毫巴北太平洋副熱帶高壓的強度及位置有關，七月的乾年副熱帶高壓較強，且往西延伸到中國大陸東南，八月的乾年太平洋高壓向東退縮，亞洲南邊的高壓往東延伸籠罩台灣地區。九月的乾年副熱帶高壓偏西而籠罩台灣地區，由於高壓的分佈或者籠罩而抑制午後熱雷雨的發生，或者不利於熱帶氣旋侵入台灣地區，都可能增加乾旱發生的機會。

第五章，則分析七、八、九月降水和其領先及同時熱帶太平洋海面溫度的關係，七月和八月的乾年西北太平洋海面溫度高，東太平洋海面溫度則偏低。這種的海溫分佈為非El Niño年的情形，七月和八月的濕年，則恰與乾年相反即西北太平洋海面溫度偏低而東太平洋海面溫度則偏高，此種情形較接近El Niño年的情形，海溫和降水的關係解釋了為何El Niño年七月降水增加的原因。九月的乾旱恰與七、八月乾旱的情形相反，即九月的乾年西北太平洋海溫偏低而東太平洋海溫偏高，造成七、八月乾年的海面溫度分佈特徵恰是造成九月溼年海面溫度分佈的特徵。由於海溫的延續性，解釋了為何八月和九月的降水成相反的趨勢。

七、八、九月台灣地區的降水量顯然和大尺度環流場距平的分佈有關。而直接影響的則是台灣地區的距平場和太平洋副熱帶高壓，比較七月乾年與濕年的500毫巴副熱帶高壓和熱帶太平洋海面溫度的分佈，可見西北太平洋海面溫度升高則同時的副熱帶高壓增強使得西太平洋副熱帶地區呈現500毫巴高度的正距平，因而減少台灣地區降水的機會。由對熱帶大氣環流和海氣交互作用的研究，了解海面溫度的升高，增加高海溫地區深對流的機會。由於深對流造成的垂直次環流的沉降區可能位於緊鄰的副熱帶地區，因而西北太平洋高海溫造成副熱帶地

區高壓的增強，因而減少副熱帶地區降水的機會。同樣的理由在El Niño年時高海溫區移至中太平洋因而加強中太平洋之副熱帶高壓加強，而使得中太平洋副熱帶地區之降水減少(Chu, 1989)。九月的情形也類似，只不過九月時可能由於副熱帶高壓之增強，反而阻止熱帶氣旋在到達台灣地區之前轉向，增加台灣地區受到颱風侵襲的機會因而反而造成降雨的增加。另外，九月的東亞主槽的南段逐漸建立，中緯度的系統有可能侵入台灣地區影響台灣地區的降水，九月除了熱帶外尚須考慮中高緯度的環流。由此可知，台灣地區夏季的乾旱和美國中西部夏季的乾旱的成因有相當的差異，台灣夏季的乾旱顯然和北太平洋副熱帶高壓有密切的關係。副熱帶高壓本身為有相當正壓結構的動力高壓，其強度和位置主要受到熱帶對流強度和位置的控制。台灣地區位於西南季風區，西南氣流在東亞延伸到相當高的緯度，所以台灣地區夏季，特別是七、八月幾乎不受到中緯度系統的影響。此和美國中西部夏季的情形不同。由此推論海面溫度距平的強迫作用在台灣夏季乾旱的成因中，要較在美國中西部夏季的乾旱成因佔更重要的地位。以上所提出來的概念模式，還有待於利用大氣環流模式加以證實。

## 七、結語

從資料的分析可見台灣地區夏季的降水和太平洋副熱帶高壓的強度和位置有關，而副熱帶高壓強度和位置則受到熱帶太平洋的對流活動影響，而對流活動則和海面溫度的分佈關係密切。由於海面溫度有相當的延續性，可以當作台灣夏季降水預報的一個領先指標，在建立台灣夏季降水預報的統計模式時必先考慮到熱帶的海面溫度分佈。

## 誌謝

作者感謝兩位審稿人先生提供寶貴的意見。本研究進行期間，感謝氣象局曾振發先生在各方面的協助，及台大柯嘉誠和邱保源兩位先生協助打字和圖表製作。本研究在國科會專案研究計劃NSC80-0414-P002-04B及氣象局專案研究計劃CWB81-2M-035支持下完成。

## 參考文獻

- 謝信良、陳正改，1985：台灣地區氣象災害之調查研究：國科會防災科技研究報告，73-40。
- 吳宗堯、王時鼎，1981：民國60年(1980)台灣乾旱研討，大氣科學8, 95-104。
- Chen, T. C., and M. Murakami, 1988: The 30-50 day variation of convective activity over the Western Pacific Ocean with emphasis on the Northwestern Region. *Mon. Wea. Rev.* 116, 892-906.
- Chu, P. S., 1989: Hawaiian drought and the Southern Oscillation. *International J. of Climatology*, 9, 1-13.
- Deser, C., and J. M. Wallace, 1987: El Nino events and their relation to the Southern Oscillation, *J. Geophys. Res.*, 92, 14189-14196.
- Kurihara, K., 1989: A climatological study on the relationship between the Japanese summer weather and the subtropical high in the western North Pacific. *Geophysical Magazine*, vol. 43, No. 2, 45-104.
- Lau, K. M. and P. H. Chan, 1986: Aspects of the 40-50 day Oscillation during the Northern Summer as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1354-1367.
- Lau, K. M. and T. J. Phillips, 1986: Coherent Fluctuations of Extratropical geopotential height and tropical convection in interseasonal time scales. *J. Atmos. Sci.*, vol. 43, No. 11, 1164-1181.
- Lau, K. M. and M. T. Li, 1984: The monsoon of East Asia and its global associations-A survey. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 65, 114-125.
- Mo.K.C., J.R.Zimmerman, E.Kalnay, and M.Danamitser, 1991: A G.C.M. Steady of the 1988 United States drought. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1512-1532
- Nakanishi, T., 1972: Some aspects of structure of subtropical high and its relation to the weather in summer in Japan. In manual of seasonal weather forecasting in Japan. Vol. 2, Japanese Meteorological Agency, Technical Note for long-range forecast. No. 13, 245-279.
- Philander, S. G., 1990: El Nino, La Nina, and the Southern Oscillation, Academic press, San Diego, etc. 289 pp.
- Quinn, W.H., Zopf, D.O., Short; Kuo Yang, R.T.W., 1987: Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Nino, and Indonesian droughts. *Fishery Bulletin*, 76, 633-678.
- Rasmusson, E.M., 1984: El Nino: The ocean/atmosphere convection Oceanus, 27, 5-12.
- Ropelewski, C.F., 1988 : The global climate for June-August 1988: A swing to the positive phase of the Southern Oscillation: Drought in the United States and abundant rain in monsoon areas. *J. Climate*, 1, 306-324.
- Tanaka, Y., 1987: Summary of Symposium on the three-month forecast for summer season (part 3). *J. Meteor. Res.*, 39, 163-171.
- Trenberth, K.E., G.W. Branstator and P.A. Arkin, 1988: Origins of the 1988 North American drought. *Science*, 242, 1640-1645.

On the monitoring and prediction of the summer drought in Taiwan area (I):  
Meteorological conditions in the abundant and deficit rainfall years

Ming-Chin Wu

Department of Atmospheric Sciences  
National Taiwan University

(manuscript received 9 December 1991; in final form 17 February 1992)

ABSTRACT

In order to investigate the formation mechanisms of the summer drought in Taiwan area, we examine the station summer rainfall in July, August and September over Taiwan area to study the characteristics of the summer drought in Taiwan area. We also study the relationships of the rainfall in the specific month with El Nino, number of Typhoon formation, number of Typhoon invasion, and 500mb circulation in the Northern hemisphere as well as the sea surface temperature over the tropical Pacific Ocean. It is intended to monitor the summer drought and find out the leading factors for the summer drought long range forecasting.

The results indicate that the summer rainfall always shows strong intensity, and most of these heavy rainfall days is related to typhoon. The precipitation is quite homogeneously distributed in the spatial, but is relatively in-correlated distributed in the months. The August & September precipitation are tended to be reverse. July rainfall increased in the El Niño year. July, August & September rainfall are all closely related to the intensity and position of the 500mb northern hemispheric subtropical high. In the dry July, the subtropical high tend to be stronger and extend to the Southeast China mainland. In the dry August, the subtropical high tend to retreat to the east. The ridge over the Southern Asia extended to the east and cover Taiwan area. In the dry September, subtropical high tend to be weaker, but the positive anomaly cover Taiwan area. Precipitation in July, August and September are also quite closely related to the distribution of the sea surface temperature in the tropical Pacific Ocean. In the dry July and dry August years, sea surface temperature over the Northwestern Pacific Ocean tend to be high, while sea surface temperature is lower over the Eastern tropical Pacific Ocean. This juxtaposition of the sea surface temperature is reversed in the dry September year. The plausible causes could be that the high sea surface temperature over the Northwestern tropical Pacific enhance more tropical deep convection activity and hence change the intensity and position of the northern Pacific subtropical high. This change herald a dry July and August as well as wet September in Taiwan area. Due to the relatively persistency of the sea surface temperature, the sea surface temperature over the tropical Pacific Ocean could be a plausible leading index of the summer drought in Taiwan area.

Key Words: Summer Drought, Typhoon, Subtropicalhigh, Tropical Pacific Ocean SST.