

臺灣秋季與春季年代際降雨之反相位關係研究

林和駿 洪致文*

國立臺灣師範大學地理學系

(中華民國一〇四年十月二日收稿；中華民國一〇四年十二月三十一日定稿)

摘 要

本研究以長期觀測資料分析年代際尺度臺灣秋季(9~10月)及春季(2~4月)降雨反相位的關係，並探索其與太平洋年代際震盪(Pacific Decadal Oscillation, PDO)的密切關聯。PDO 正相位的秋季，除了中高緯度北太平洋區域的海溫(Sea Surface Temperature)偏低外，赤道東太平洋附近的暖海溫距平引發的反氣旋距平，正好在臺灣附近，因而抑制了此時期臺灣的降雨；但 PDO 正相位的春季，雖然海溫距平的分布與 PDO 正相位的秋季相似，因反氣旋距平的位置在菲律賓海附近(較秋季更為東移)，臺灣地區因更深的槽線而降雨比秋季多。該高海溫距平在春季時比秋季時出現在更東邊，因此誘發的反氣旋距平也較東邊。至於 PDO 負相位時的秋季和春季，其狀況則與正相位相反。總結來說，春季與秋季降雨在年代際時間尺度反相位的關係，來自於些微的海溫距平於空間分布上的差別，而造成臺灣地區春季及秋季降雨的多寡。這樣些微的空間差別，卻可造成年代際降雨之不同，說明了 PDO 應用在臺灣降雨的分析上，應該更深入地研究。

關鍵字：年代際、雨量、春季、秋季、PDO、SST

*通訊作者：洪致文，106 臺北市大安區和平東路一段 162 號勤大樓 9F Email: hungchihwen@gmail.com

一、前言

一年之中，臺灣的降雨以梅雨季（5~6月）到夏季（7~8月）的降雨最為豐沛且集中，可以視為臺灣地區的濕季。但水庫容量有限，太多的降雨無法完全儲存以供給乾季（11~1月是冬季，也被視為乾季）使用。春季（2~4月）及秋季（9~10月）正當全年乾濕季節轉換的時期（圖1），若有足夠的降雨，則能減少對梅雨季及夏季降雨的依賴。此外，以水稻耕種需水為例，主管單位在每年的春季之前需判斷該年一期稻作水資源充足與否、是否需要休耕，因此春季及前一年的秋季降雨對水資源調配來說非常重要（盧等，2008）。掌管水資源調度的水利署也時常規劃於春季進行人工增雨作業，以增加春季集水區的進水量（臺灣大學資源與災害研究中心，2010；林等，2011；經濟部，2014）。

關於臺灣春季降雨的特性，戚(1971)分析1897~1970年之長期測站資料，認為春季雨量在不同年份的差異很大，其1970年的極端春雨分析則著重在阻塞高壓及中高緯度太平洋高壓脊線的

位置。劉(1987)使用1951~1984年共約34年氣象局5個測站資料，指出春季多雨年的500hPa高度距平梯度較大，且分布也與少雨年不一樣。吳(1992)則分析1946~1990年測站雨量，並取出降水較多與較少的前10%進行組合分析，發現中高緯500hPa高度場及海表面溫度對臺灣春雨有所影響。過去的研究也提及春季降雨與太平洋海溫的關係：如許(1999)認為冬季及春季臺北降雨受到El Niño–Southern Oscillation (ENSO)的影響，而盧與麥(2003)與Hung et al. (2004)則提出年代際時間尺度之下，春季降雨與太平洋年代際震盪(Pacific Decadal Oscillation, PDO)的關係。

相較於春季的討論，秋季降雨在氣候上的討論則比較少，陳與汪(2000)及陳(1997)曾提及秋季降雨有長期的20年震盪，至於兩個季節之間降雨關係的研究則更少。本研究分析討論春季及秋季降雨的年代際變化之關係，於第二節介紹使用之觀測資料，第三節分析年代際尺度秋季與春季降雨之關係，第四節討論秋、春季年代際尺度雨量變異相反的機制，並在第五節做總結。

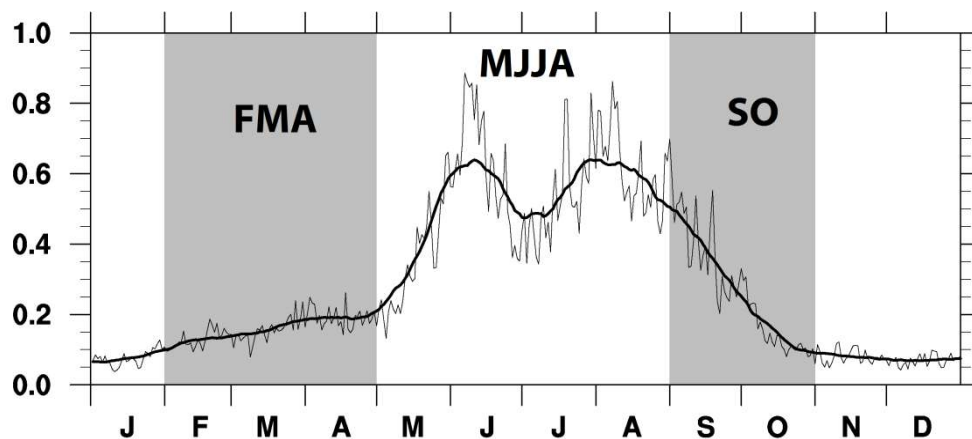


圖1 臺灣降雨年循環。細線為長期平均的日雨量指數，粗線條為31日滑動平均。灰色區塊分別標示本研究的季節區間：秋季(SO)及春季(FMA)。

二、資料來源

本文為利用各種觀測資料分析之研究，資料種類分為單一時間序列的指數型資料及全球網格資料，分述如下：

(一) 指數型資料

1. 臺灣降雨指數日資料：

臺灣降雨指數日資料 (TCCIP-TRI_{dex}；洪，2012) 時間為 1897~2010 年，使用測站數最多時達到 1,182 個站，遍佈全臺灣本島。雨量指數的計算方法是：單一測站日雨量除以該站的年總雨量平均值，再將各站的值平均起來，就完成該日雨量指數。雨量指數的計算是以類似標準化的過程，但保持雨量值為正的特質，類標準化過後的雨量資料保留雨量的時間變化特性，也收納廣為分布在臺灣島的雨量站總體特性。同時，因為雨量站除以各自雨量的年平均，故年雨量多與寡不同的站，其隨時間變化的特性都一樣重要，並不會因為山地雨量較多而稀釋掉平地測站的代表性。本研究取用 TCCIP-TRI_{dex}，計算秋季 (9~10 月) 及春季 (2~4 月) 季節平均，再取 21 年滑動平均分析年代際變化。

2. PDO 指數：

PDO 指數 (Mantua et al., 1997) 為北半球 (20°N 以北) 海溫距平經過經驗正交函數 (empirical orthogonal function, EOF) 分析後，取第一個主成分 (principal component) 的時間序列，再經過標準化製成指數。指數的正負號代表海溫分布的相位，正相位時亞洲東北岸的日本到中太平洋為偏冷的海溫，而赤道東太平洋附近為偏暖海溫。本研究取用美國華盛頓大學 N. Mantua 計算並公布在網站上的資料 (<http://research.jisao.washington.edu/>

pdo/), 該資料從 1900 年開始至今，每個月一個值。本研究將指數平均成年平均，再取 21 年滑動平均分析年代際變異。

(二) 全球網格資料

1. 海平面氣壓資料 (mean sea level pressure)：

海平面氣壓資料使用歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 產製的二十世紀重分析資料 (ERA-20th century reanalysis data, ERA-20C)，其為大氣、海洋、陸地觀測...等經過模式資料同化後重分析的全球尺度網格資料，垂直分層為 37 層 (ECMWF, 2014)，時間自 1900 至 2010 年。本研究取用日平均資料，空間解析為 2.5°×2.5°網格的海平面氣壓、850hPa 水平風向風速資料。

2. 海溫 (sea surface temperature) 資料：

海溫資料使用 Hadley centre 的 Global Sea Ice and Sea Surface Temperature (HadISST) 月平均海溫資料 (Rayner et al., 2003)。該資料整合船舶及衛星觀測資料，數據自 1871 年開始至今，解析度為 1°×1°。

本研究在進行秋季及春季雨量關係分析時，使用 1897~2010 年的臺灣雨量指數資料。探討相關機制時則使用 1900~2010 年的臺灣降雨指數、PDO 指數、海溫資料、850hPa 風場及海平面氣壓資料進行分析比對。

三、年代際尺度中臺灣秋季與春季降雨之關係

本研究分析臺灣降雨指數 (TCCIP-TRI) 的季節雨量，發現秋季 (9~10 月) 及春季 (2~4 月) 有明顯且規律的年代際變化。秋季降雨在過去的

一百多年間，除了有些微增加的趨勢外，還有兩個降雨相對較少的年代，分別是 1930 年代及 1980 年代後期至 1990 年代初期。而春季則剛好相反，長期趨勢是些微地減少，而 1930 年代及 1980 年代到 1990 年代初期則是春季降雨較多的時間(如圖 2)。在年代際的時間尺度之下，臺灣的秋季降雨及春季降雨呈現反相位變化：春雨多的年代，秋雨少，反之亦然。本研究將針對此一現象，從大尺度環境場的角度探討可能的原因及機制。

在過去，Hung et al. (2004)曾經觀察到臺灣地區北部春季降雨的年代際變化與 PDO 的變化有關。PDO 是一個北太平洋中高緯度與赤道東太平洋海溫週期性震盪的現象，其海溫變化特徵在空間的表現與 El Niño 很像，但不完全一樣。PDO 主要特徵是北半球中高緯度太平洋的海溫週期性變化，而 El Niño 主要特徵是赤道東太平洋海溫

的變化。在時間尺度上，El Niño 發生間隔大約 2~8 年，每次出現大約維持 6~18 個月；而 PDO 週期 40~60 年，每個相位維持 20~30 年。當 PDO 為正相位時，中高緯度北太平洋為冷海溫距平，而此時赤道東太平洋為暖海溫距平。過去的資料顯示，PDO 指數在 1925、1947 及 1977 年改變相位，而最近一次可能於 2000 年左右改變相位。

Hung et al. (2004)指出 PDO 正相位的年代，赤道東太平洋海溫偏高，在菲律賓海附近存在一個反氣旋距平的風場。臺灣位於此反氣旋距平的西北側，因有西南風分量的距平而加深附近的槽線。臺灣春季降雨常與鋒面降水有關係，槽線加深的結果使得降雨增加。因此，PDO 正相位的年代，臺灣春季降雨也會比較多。本研究延伸 Hung et al. (2004)春季降雨與 PDO 關係的探討，增加秋季降雨與兩者的關係之分析。

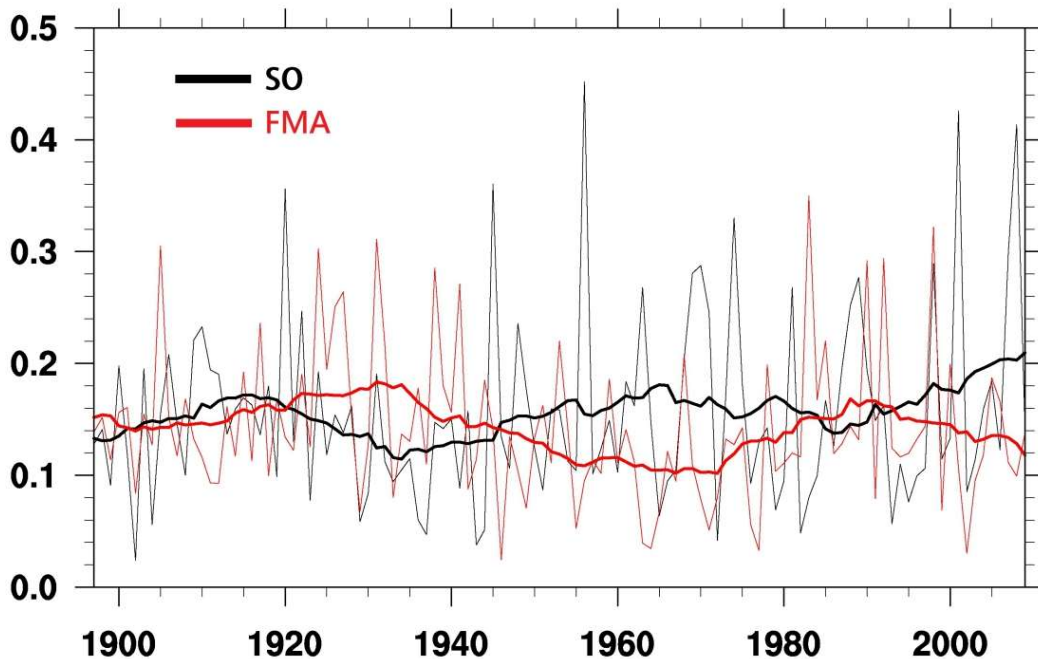


圖 2 秋季與春季降雨年代際變化。黑色線條為秋季，紅色線條為春季；細線為每一年的雨量指數，粗線條為 21 年的滑動平均。

為了一併討論秋季降雨、春季降雨與 PDO 的關係，也為了方便探討春雨、秋雨反相位的現象及發生的機制，本研究以秋季(SO)減去春季(FMA)的降雨指數(以下稱 SO-FMA 指數)，凸顯此一年代際的變化，並將以此指數探討秋季、春季降雨與大環境場的關係。圖 3a 秋季降雨與圖 3b 春季降雨的相關係數為 -0.507 (通過 95% 信心顯著性統計檢定)，顯示秋季降雨與春季降雨有明顯的負相關。而圖 3c 中 SO-FMA 指數與圖 3a、圖 3b 的相關係數分別為 0.861 與 -0.875 (通過 95% 信心顯著性統計檢定)，表示可以用 SO-FMA 指數來代表秋季降雨及春季降雨在時間上的變化。SO-FMA 指數與圖 3d 的 PDO 指數的相關係數為 -0.840 ，顯示臺灣地區秋季及春季降雨的年代際

變動與 PDO 年代際變化的關係相當顯著，PDO 負相位的時候秋季降雨多，PDO 正相位時春季降雨多。以下兩小節將取圖 3c 中 SO-FMA 指數的兩個雨量極小期(1981~1995 年、1927~1941 年)與一個雨量極大期(1955~1969 年)各 15 年，再以近一期減去前一期的方式進行組合分析，減少因為全球暖化造成的海溫差異影響，並凸顯多雨期或少雨期的差別。分析的項目包括海溫及環流場：

(一) 海溫組合分析(SST composite analysis)：

結果顯示，秋季少雨年代的海溫距平(圖 4a)與秋季多雨年的海溫距平(圖 4b)相反；春季的狀況也一樣，少雨的年代(圖 4d)與多雨的年

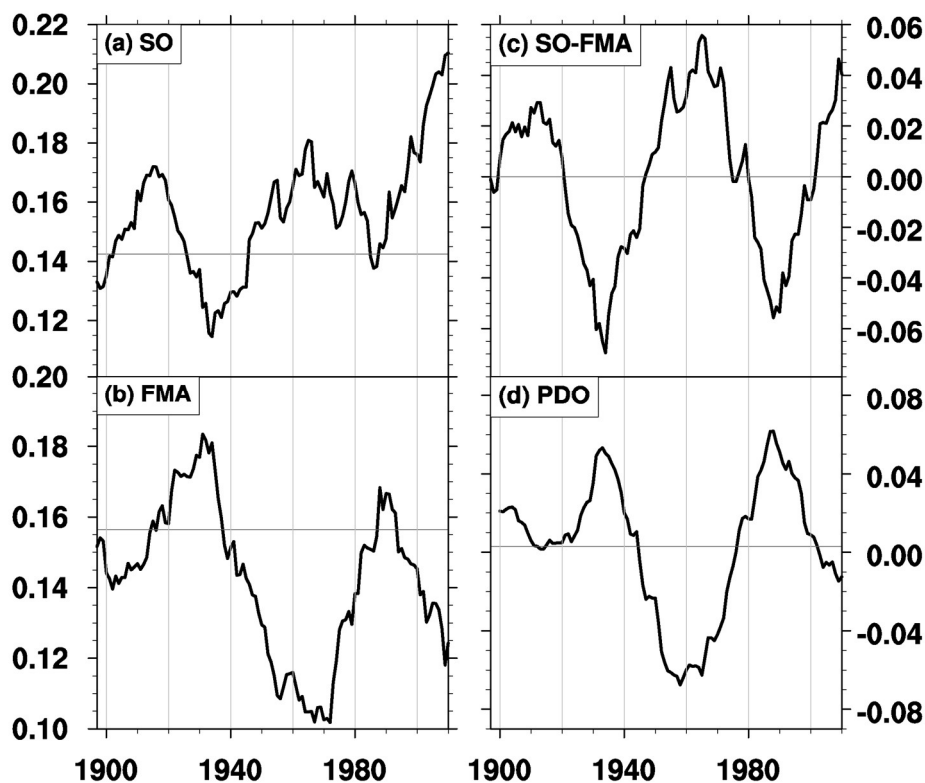


圖 3 (a)秋季臺灣降雨，(b)春季臺灣降雨，(c)秋季降雨減去春季降雨的指數，(d)太平洋年代際震盪指數 (PDO 指數)，本圖數據皆由年平均數值經過 21 年滑動平均而來。

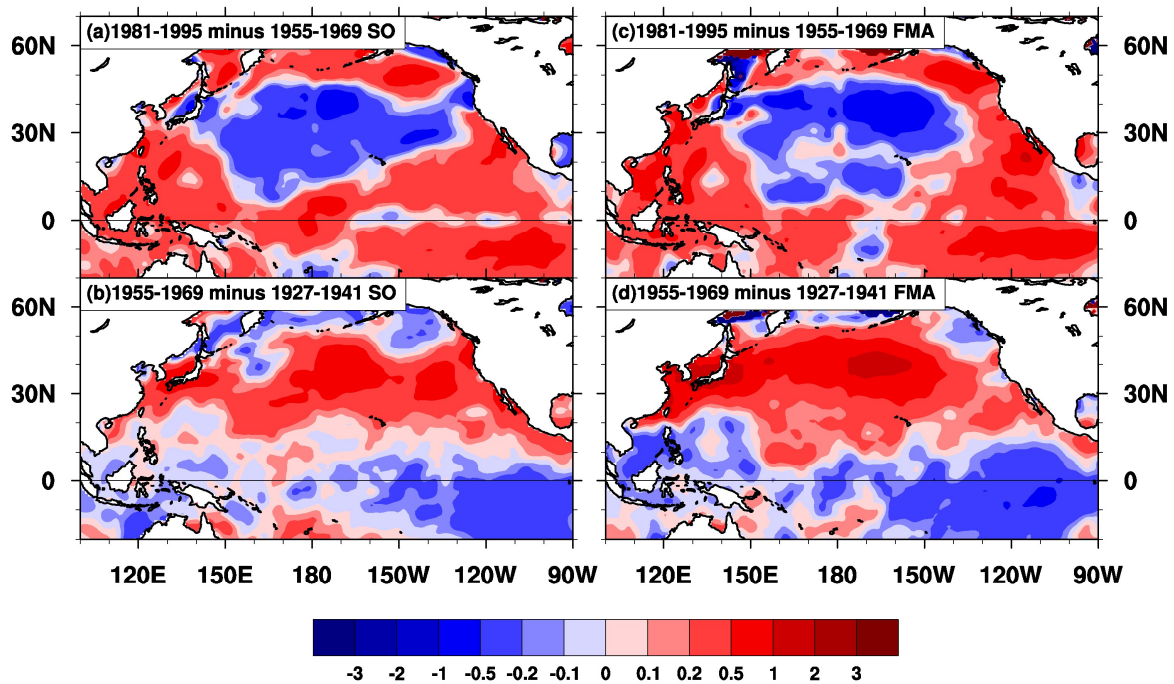


圖 4 多雨年與少雨年的海溫組合差異分析：(a)凸顯秋季少雨特性：秋季少雨年(1981~1995)減去多雨年(1955~1969)的海溫平均，(b)凸顯秋季多雨特性：秋季多雨年(1955~1969)減去少雨年(1927~1941)的海溫平均，(c)凸顯春季多雨特性：春季多雨年(1981-1995)減去少雨年(1955~1969)的海溫平均，(d)凸顯春季少雨特性：春季少雨年(1955~1969)減去多雨年(1927~1941)的海溫平均。單位： $^{\circ}\text{C}$ 。

代(圖 4c)海溫距平有著相反的配置。同一年代的太平洋海溫距平在秋季與春季相似(圖 4a 與圖 4c 相似，圖 4b 與圖 4d 相似)，但以個別季節的雨量時間序列來看，卻分別是該季節的多雨年及少雨年(圖 3a、圖 3b)。1981-1995 年減去 1955~1969 年(被凸顯的是秋季少雨、春季多雨的年代特性)的秋季海溫，在北太平洋有一範圍大、溫度距平較低的區塊，而赤道附近東太平洋則為海溫距平較高的區域(圖 4a)；1955~1969 年減去 1927~1941 年(被凸顯的是秋季多雨、春季少雨的年代特性)的秋季海溫(圖 4b)，則與圖 4a 的符號相反，呈現的是北太平洋中央海溫距平偏高而赤道東太平洋海溫距平偏低的空間分布。春季海溫距平(圖 4c、圖 4d)與秋季海溫距平(圖

4a、圖 4b)的配置幾乎完全相同，但雨量的年代際變化卻是完全相反(圖 3a、圖 3b)。

(二) 環流場組合分析(circulation composite analysis)：

850hPa 風場及海平面氣壓場的組合分析結果顯示，秋季少雨年代(1981~1995 年減去 1955~1969 年)臺灣地區低層大氣為反氣旋式環流距平所影響，海平面氣壓為正距平(圖 5a)；秋季多雨的年代(1955~1969 年減去 1927~1941 年)臺灣地區低層大氣受反氣旋式環流距平影響，海平面氣壓場為負距平(圖 5b)。春季少雨的年代(1955~1969 年減去 1927~1941 年)，臺灣地區低層環流是反氣旋距平(圖 5d)；春季多雨的年

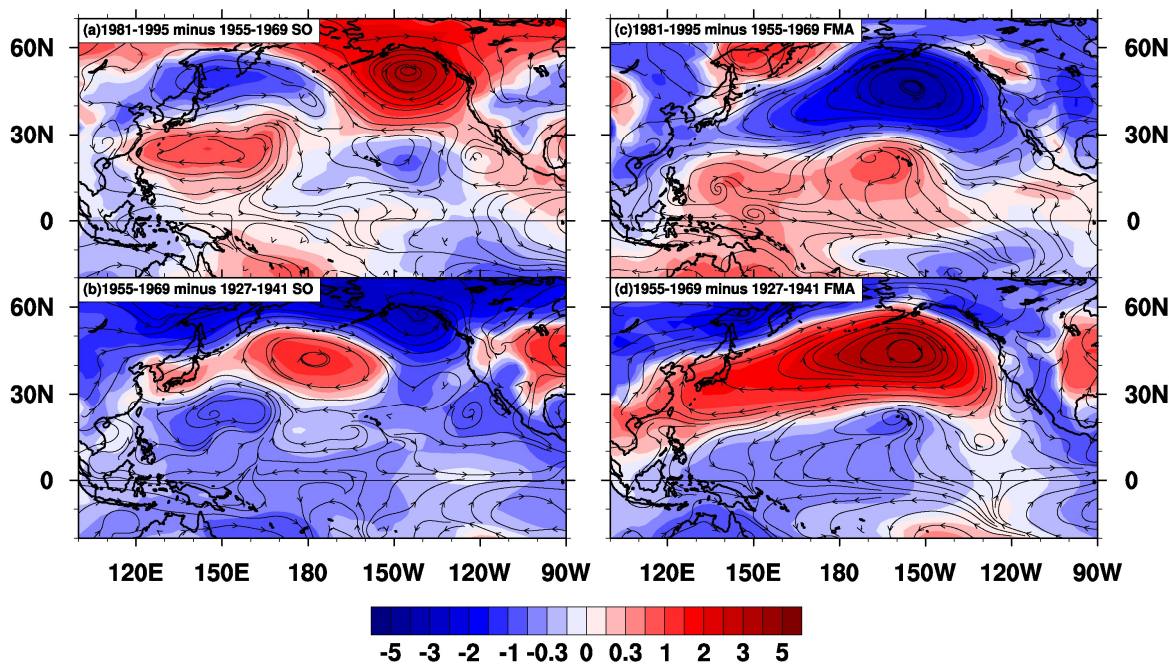


圖 5 多雨年與少雨年的 850hPa 風場差異與地面氣壓差異組合分析：

- (a)凸顯秋季少雨特性：秋季少雨年(1981~1995)減去多雨年(1955~1969)的 850hPa 風場與地面氣壓平均，
 - (b)凸顯秋季多雨特性：秋季多雨年(1955~1969)減去少雨年(1927~1941)的 850hPa 風場與地面氣壓平均，
 - (c)凸顯春季多雨特性：春季多雨年(1981~1995)減去少雨年(1955~1969)的 850hPa 風場與地面氣壓平均，
 - (d)凸顯春季少雨特性：春季少雨年(1955~1969)減去多雨年(1927~1941)的 850hPa 風場與地面氣壓平均。
- 單位：hPa。

代 (1981~1955 年減去 1955~1969 年)，臺灣地區低層環流則是氣旋距平 (圖 5c)。顯示春秋兩季多雨的年代皆受氣旋距平影響而增加臺灣地區的降雨，降雨較少的年代則是受到反氣旋距平的影響。

上述春季海溫組合分析 (圖 4c、圖 4d) 的結果分別與 PDO 正相位及反相位的海溫距平分布特徵相似，且春季海溫跟環流場的組合分析結果 (圖 5c、5d) 皆與 Hung et al. (2004) 的研究相仿。春季降雨較多的年代 (圖 4c) 北太平洋中高緯度呈現較低的海溫，而赤道東太平洋附近有較暖的海溫，春季 (或秋季) 多雨的年代與少雨的年代海溫距平配置則是相反。值得注意的是，雖然大

範圍的配置是相反的，但是細看細節部分卻未必全然如此。這顯示除了本文中討論的年代際關係外，可能也有其他機制在影響著，而這部分則有待後續研究更深入探討。

同一個年代，春季、秋季的海溫距平配置相似，但臺灣地區春、秋兩的季降雨卻有不同的變化。下一節，將進一步分析討論春季及秋季降雨與大環境場的關係，以歸納其中的機制。

四、秋季及春季年代際雨量變異相反的機制探討

臺灣秋季、春季降雨有 40~60 年週期的年代際變化，但相位相反。秋季多雨的年代，春季少

雨，反之亦然，而這年代際變異的律動與 PDO 的變化有關（圖 3）。SO-FMA 指數的相位與秋季降雨相同，與 SO-FMA 指數相關係數為負的地區可以視為與秋季（春季）降雨負（正）相關。秋季少雨（SO-FMA 指數負相位）的年代，其海溫的分布特徵為：北太平洋中高緯度地區海溫偏低，而赤道東太平洋海溫偏高（如圖 4a）。SO-FMA 指數與海溫的相關係數分析中，負相關區表示秋季少雨（SO-FMA 指數負相位）時海溫偏高的地區；正相關區則表示秋季少雨時，海溫偏低的區域。以此概念檢視圖 6、圖 7，有助於了解海溫分布與臺灣雨量的關係。

（一）兩季節海溫與海平面氣壓配置的些微差異

圖 6a 與圖 6c 分別顯示秋季海溫及春季海溫與 SO-FMA 指數的相關係數空間分布，秋季時北太平洋中高緯度地區是正相關區，負相關區則遍布赤道附近，較強的負值區域 (< -0.4) 由東太平洋赤道附近延伸而出，到達 150°E （圖 6a）一帶。顯示秋季少雨（SO-FMA 指數負相位）的年代，北太平洋中高緯度海溫較低，而赤道東太平洋附近海溫較高，較強的暖海溫距平由赤道東太平洋延伸而出，向西到達 150°E 一帶。春季的時候，顯著的負值區 (< -0.4) 向東退到 170°E 附近，並且赤道東太平洋負值區變得更強，而北太平洋的正值區向南擴展到赤道中太平洋一帶（圖 6c）。顯示春季多雨的年代（與秋季少雨同一年代），高海溫距平區向東退到 170°E 附近，並且在赤道東太平洋一帶高海溫距平變得更強。

海平面氣壓的分布可以推測地面環流場分布，高壓距平的區域，可視為反氣旋距平。在秋季少雨的狀況時，海平面氣壓與降雨負相關區可

視為高壓距平區。圖 7a 秋季臺灣與菲律賓海一帶的相關係數相近，皆為負相關區，海平面氣壓愈高，臺灣降雨越少。也就是臺灣及菲律賓海附近有反氣旋距平時，臺灣降雨較少。而春季時（圖 7c），臺灣與菲律賓海附近的相關係數符號相反，當 SO-FMA 指數愈小（也就是春雨多）時，臺灣地區海平面氣壓愈低，而菲律賓海附近海平面氣壓則愈高，表示臺灣春季的降雨，跟菲律賓海附近的反氣旋距平強度正相關，也與臺灣附近的氣旋距平強度正相關。本節之圖 6、圖 7 分析結果顯示，相關性分析與圖 4 及圖 5 的組合分析結果相符。

圖 6b、6d 分別與圖 6a、6c 相似，但是以 PDO 指數與海溫計算相關係數所呈現的空間分布，顯示 PDO 正相位時赤道東太平洋海溫較高，而負相位時海溫較低。前述秋季與春季相關係數配置的差異也在此出現，但相關係數符號相反。圖 6a 與 6b 及圖 6c 與 6d 的 pattern correlation（分析範圍如圖）分別為 -0.862 及 -0.870 ，代表臺灣秋季與春季降雨多寡的 SO-FMA 指數之變動與大尺度海溫的關係，跟 PDO 與海溫關係的空間配置是符號相反但變動時間一致的。海平面氣壓與 SO-FMA 指數的相關係數分布（圖 7a、圖 7c），也跟海平面氣壓與 PDO 指數的相關係數分布（圖 7b、圖 7d）相似，只差在符號。圖 7a 與 7b 及圖 7c 與 7d 的 pattern correlation（分析範圍如圖）分別為 -0.886 及 -0.903 ，海平面氣壓對臺灣降雨的關係之空間分布，也與 PDO 跟海平面氣壓的關係分布相似但符號相反。這顯示不論在海溫或是海平面氣壓的分析結果，都證明 PDO 對秋季及春季降雨的影響相當重要。

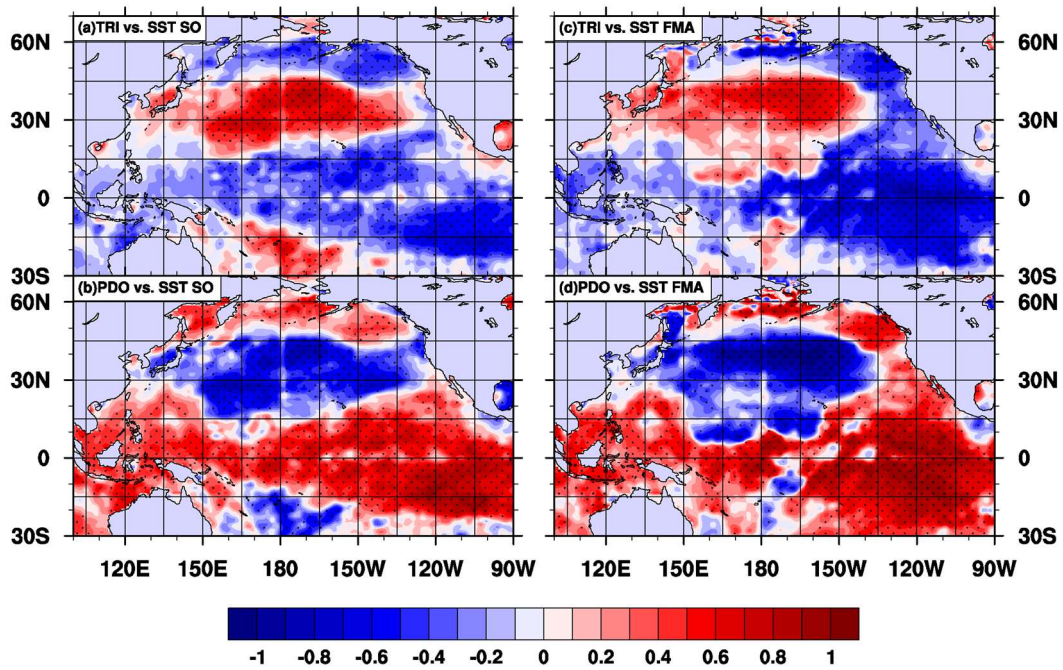


圖 6 海溫分別與 SO-FMA 指數及 PDO 的相關係數分布圖：(a) SO-FMA 指數與秋季海溫相關係數分布，(b) PDO 指數與秋季海溫相關係數分布，(c) SO-FMA 指數與春季海溫相關係數分布，(d) PDO 指數與春季海溫相關係數分布。點狀陰影區塊標示通過 95%信賴區間統計檢定。

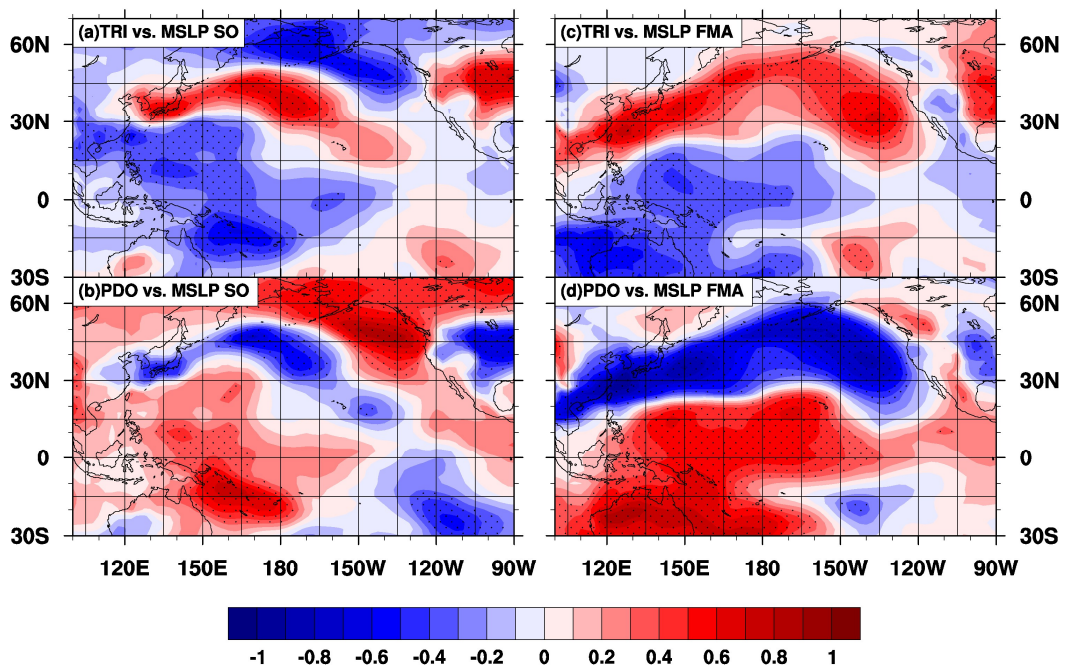


圖 7 海平面氣壓(MSLP)分別與 SO-FMA 指數及 PDO 的相關係數分布圖：(a) SO-FMA 指數與秋季 MSLP 相關係數分布，(b) PDO 指數與秋季 MSLP 相關係數分布，(c) SO-FMA 指數與春季 MSLP 相關係數分布，(d) PDO 指數與春季 MSLP 相關係數分布。點狀陰影區塊標示通過 95%信賴區間統計檢定。

(二) 隨著季節演替的海溫與海平面氣壓變化

接著檢視由秋季到春季的季節轉變過程中，上述的海溫與海平面氣壓之變化。計算各個季節 SO-FMA 指數與海溫的相關係數變化，取赤道附近 0~15°N 的平均製成圖 8，結果呈現東太平洋負相關區隨著季節的演進，從秋季(SO)到春季(FMA)的過程是負相關一直加強，並且負相關較高的區域更集中在東太平洋。同時，SO-FMA 指數與海平面氣壓的相關係數（取 10~20°N 的平均）在季節的轉變上（圖 9），負相關區秋季(SO)時集中在 100~170°E，到了春季(FMA)時則向東移動到了以 150°E-170°W 為中心，且強度加強。

根據 Hung et al. (2004)所提出的示意圖，PDO 的年代際變化影響臺灣春季降雨，是透過赤道東太平洋附近暖海溫距平引發菲律賓海附近的反氣旋距平，進而加強臺灣附近的槽線，導致更多的降雨。然而秋季降雨的機制則有空間上的差異，如圖 10 所示，秋季時赤道東太平洋的高海溫距平比較偏西而靠近臺灣，其誘發的反氣旋距平則是直接壟罩臺灣附近，此結果造成臺灣地區降雨被反氣旋距平抑制。而春季時，赤道東太平洋的高海溫距平較秋季偏東，臺灣附近的反氣旋距平向東移動到菲律賓海一帶。相似的海溫距平配置，暖海溫距平位置些微的差異，造就了臺灣降雨多與少的不同。以圖 10 的示意圖再回頭來檢視圖 6、圖 7：秋雨少的年代，秋季氣旋式環流距平主要在臺灣附近，並延伸到菲律賓海附近，赤道東太平洋海溫偏高。圖 6a、圖 6c 雖然相似，但赤道附近偏高的海溫距平在秋季時比較偏西（圖 6a），較靠近臺灣，因此誘發的 Matsuno-Gill pattern 反氣旋式環流距平的位置在臺灣地區（圖 7a），降雨受到抑制。春季時高海溫距平區向東靠攏並集中（圖 6c），誘發的反氣旋式距平環流向東移到菲律賓海

附近（圖 7c），離開臺灣。臺灣附近則為氣旋式環流距平所覆蓋，加上槽線加深的結果，使得春季降雨偏多。圖 8 高海溫距平區秋季(SO)時原本在 150°E 以東，春季(FMA)時則東退到 170°E 以東（如圖中箭頭所指）；而圖 9 反氣旋距平區是秋季(SO)時原本以臺灣為中心（圖中 H1），春季(FMA)時中心則向東移動到 150~180°E 之間（圖中 H2）。雖然海平面氣壓及海溫資料無法精準地呈現隨著時間平滑移動的訊號，而呈現些許跳躍的情況，但是高海溫距平區及高海平面氣壓距平區向東移動的現象仍然存在。

五、結論

本研究使用可以代表臺灣地區整體降雨狀況的臺灣降雨指數(TRI)，分析一百多年來臺灣地區春季及秋季降雨的年代際變化，結果發現秋季及春季降雨有 40~60 年週期的年代際變化，而且秋季與春季的變化呈現反相位。秋雨多的年代，春雨少，反之亦然，而且這樣的變化與 PDO 的相位變化有關係。

從海溫與海平面氣壓的分析得知，PDO 正相位的年代春雨多、秋雨少。同一個年代秋季與春季的海溫距平配置相似，但是有些微的不同：秋季時赤道東太平洋的較高海溫區比較偏西而靠近臺灣，春季時較高海溫區集中在赤道東太平洋。也因這個些微的不同，造成高海溫距平所誘發的反氣旋距平，其位置秋季時在臺灣附近，而春季時東移到菲律賓海附近。因而造成秋季時臺灣降雨受到抑制，春季時菲律賓海附近的反氣旋距平有利臺灣地區槽線的發展，降雨較多（如圖 10）。

關於菲律賓海附近的反氣旋距平及氣旋距平對臺灣降雨的影響，前人的研究也曾提及對不同

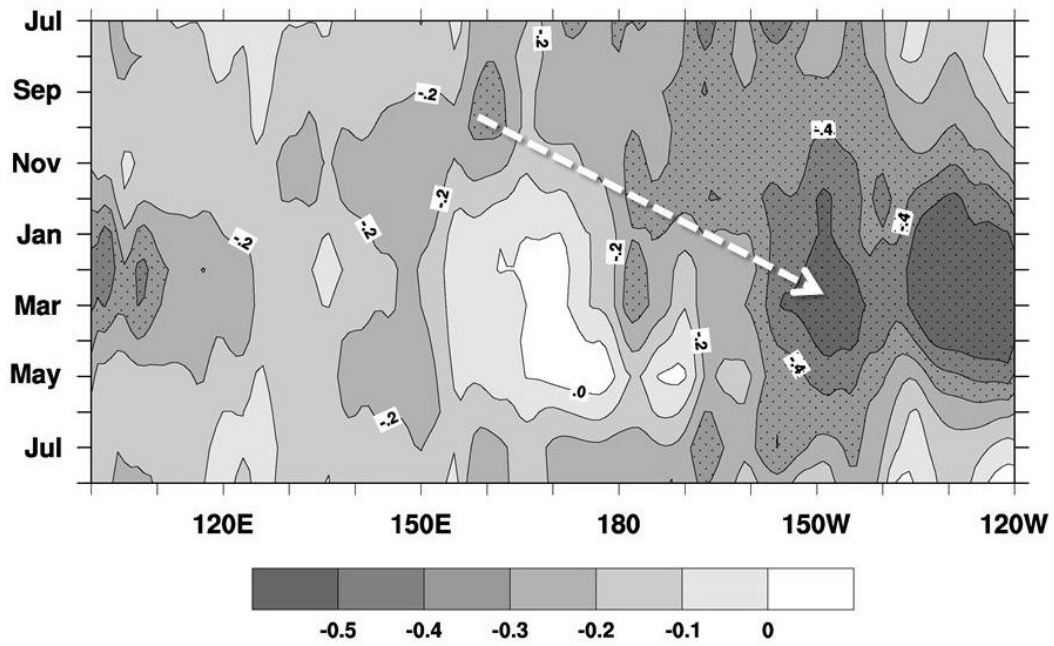


圖 8 海溫與 SO-FMA 雨量指數的相關係數隨季節之變化。取 0~15°N 空間的平均，縱軸為月份，為了方便閱讀，重複一次七月(Jul)及八月(Aug)兩個月份；白色箭頭表示高海溫距平區域自秋季(SO)至春季(FMA)向東移動。點狀陰影區塊標示通過 95%信賴區間統計檢定。

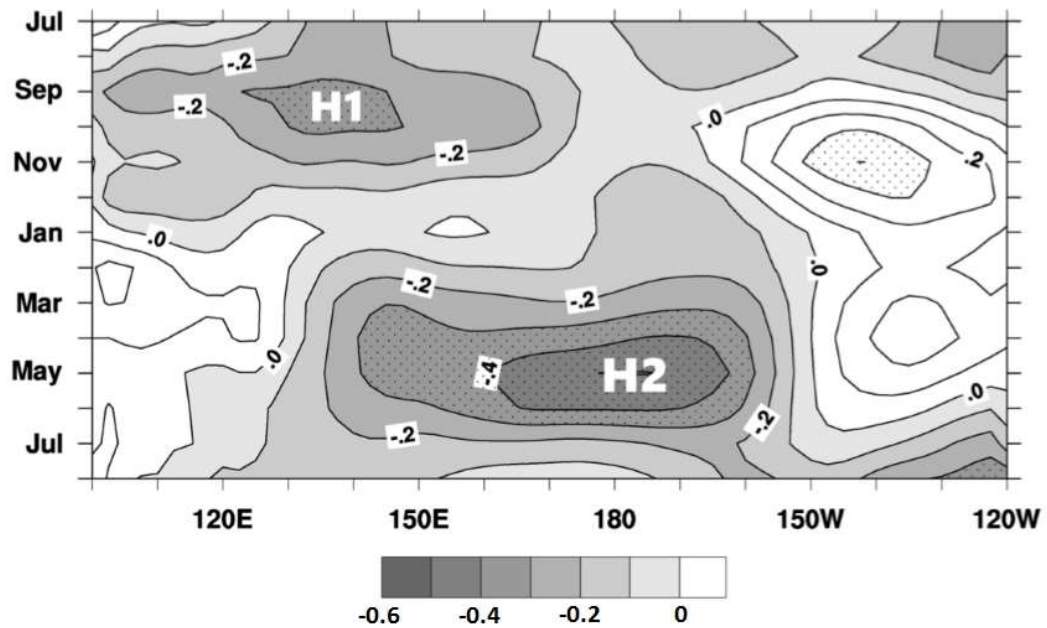


圖 9 海平面氣壓(MSLP)與 SO-FMA 雨量指數的相關係數隨季節之變化。取 10-20°N 空間的平均，縱軸為月份，為了方便閱讀，重複一次七月(Jul)及八月(Aug)兩個月份；H1 及 H2 分標示秋季(SO)及春季(FMA)高海平面氣壓距平區域向東移動。點狀陰影區塊標示通過 95%信賴區間統計檢定。

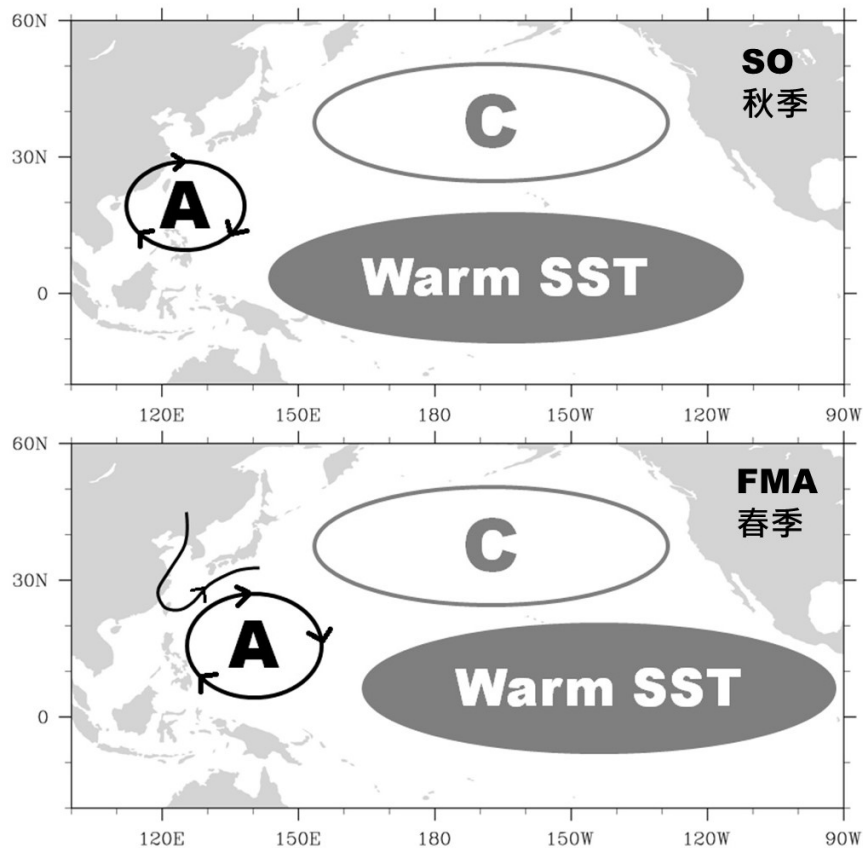


圖 10 相似的海溫距平配置但臺灣秋季少雨而春季多雨的示意圖。圖中箭頭代表氣流方向，A 及 C 分別代表反氣旋距平及氣旋距平。春季的反氣旋距平西北方，為受加強的低壓槽。

季節天氣系統有不同的影響，如 Chen et al. (2011) 認為菲律賓海附近的反氣旋距平存在時，在夏季會增強臺灣夏季季風的西南氣流，使降雨增加；但同時，因為此反氣旋距平的存在不利熱帶氣旋的發展，也會減少臺灣地區的颱風降雨。由於不同季節有不同的平均環流場，菲律賓海的氣旋或反氣旋環流距平卻都仍然扮演重要角色，值得再深入研究。

臺灣地區秋季及春季降雨隨著 PDO 的變動而增減，由圖 3d 所示，PDO 的相位變化約 20~30 年轉換一次，而 2000 年之後 PDO 進入負相位的階段，也就是大環境場即將進入對春季降雨不利而秋季降雨有利的情況。從水資源管理的角度

來看，小心留存秋季降雨及分配水資源將是面對未來多秋雨、弱春雨環境條件應該要有的態度。

六、致謝

本研究在科技部臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置 (Taiwan Climate Change Projection and Information Platform; TCCIP) 計畫 MOST 103-2621-M-865-001-及 MOST 104-2621-M-865-001 經費補助下完成，繪圖使用 NCAR 團隊 NCL 軟體，臺灣雨量資料使用 TCCIP 計畫所產製臺灣降雨指數 (TCCIP-TRI，可由 <http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds/> 申請下載) 特此感謝。

七、參考資料

- 吳明進, 1992: 臺灣春雨之長期預報。大氣科學, 20-3, 199-216。
- 林博雄、許世傑、林和駿, 2011: 旱災經濟部水利署災害緊急應變小組服務團計畫期末報告書。經濟部水利署, 臺北。
- 洪致文, 2012: 臺灣降雨指數(TRI)的建立與其分析應用。地理學報, 67, 73-96。
- 陳昭明、汪鳳如, 2000: 臺灣地區降雨之長期變化特性—秋雨之準二十年振蕩。大氣科學, 28-4, 343-360。
- 陳雲蘭, 1997: 臺灣地區近百年測站資料氣溫與雨量的波譜分析結果, 天氣分析與預報研討會, 1997年3月, 中央氣象局。
- 許晃雄, 1999: 海氣交互作用對近百年來臺灣氣候影響之研究。中央氣象局委託計畫成果報告書, 計畫編號 CWB88-2M-03, 中央氣象局, 臺北。
- 戚啟勳, 1971: 臺灣春雨期內東亞環流型特徵之分析。氣象學報, 17-3, 18-31。
- 經濟部, 2014: 旱災災害防救業務計畫, 經濟部, 臺北。
- 臺灣大學資源與災害研究中心, 2010: 人造雨作業評估計畫期末報告書。經濟部水利署, 臺北。
- 劉復誠, 1987: 臺灣地區春季多雨年少雨年 500 毫巴高度及海溫距平差異特徵之初步分析。大氣科學, 15-2, 233-245。
- 盧孟明、陳雲蘭、陳圭宏, 2008: 全球暖化趨勢對臺灣水稻栽培環境之影響。作物、環境與生物資訊, 5-1, 60-72。
- 盧孟明、麥如俊, 2003: 臺灣與全球雨量長期變化研究(一) 1920~1995 變化趨勢。大氣科學, 31-3, 199-220。
- Chen, C. -M., and H. -S. Chen, 2011: Interdecadal Variability of Summer Rainfall in Taiwan Associated with Tropical Cyclones and Monsoon. *J. Climate*, 24, 5786-5798. doi:10.1175/2011JCLI4043.1.
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 2014: updated daily ERA-20C Project (ECMWF Atmospheric Reanalysis of the 20th Century). Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. <http://dx.doi.org/10.5065/D6VQ30QG>.
- Hung, C.-w., H.-H. Hsu, and M.-M. Lu, 2004: Decadal Oscillation of Spring Rain in Northern Taiwan. *Geophys. Res. Letters.*, 31, L22206m
- Mantua, N. J., S. R. Hare, Y. Zhang, J. M. Wallace, and R. C. Francis, 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 1069-1079.
- Rayner, N. A., D. E. Parker, E. B. Horton, C. K. Folland, L. V. Alexander, D. P. Rowell, E. C. Kent, and A. Kaplan, 2003: Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J. Geophys. Res.*, 108, 4407, doi:10.1029/2002JD002670, D14.

The Opposite Relationship of Decadal Rainfall between Autumn and Spring in Taiwan

Ho-Jiunn Lin and Chih-wen Hung

Department of Geology, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

(manuscript received 2 October 2015 ; in final form 31 December 2015)

ABSTRACT

This study analyzes the negative correlation between boreal autumn (September and October) and spring (between February to April) rainfall in Taiwan on decadal time scales. With warm sea surface temperature (SST) anomaly near the equatorial eastern Pacific Ocean presenting similar patterns but in little different locations during autumn and spring, the rainfall amount in Taiwan shows different results.

The decadal autumn and spring seasonal rainfall fluctuate with Pacific Decadal Oscillation (PDO). In the positive phase of PDO, the warm SST anomaly at the eastern equatorial Pacific Ocean induces an anti-cyclone anomaly just near Taiwan in autumn. As a result, the rainfall is suppressed during this period. However, although the spring SST anomaly displays similar pattern to the positive phase of PDO in autumn, more rainfall in Taiwan is caused by deeper trough anomaly. This is due to the anti-cyclone anomaly near the Philippine Sea which can be seen in spring during the positive phase of PDO. The anti-cyclone anomaly slightly moves eastward along with the warm SST anomaly from autumn to spring. On the other hand, during the negative phase of PDO, the opposite situation occurred in autumn and spring. These little differences on location of warm SST anomaly between autumn and spring lead to different rainfall anomalies in Taiwan in the decadal variations. This implies that it is necessary to carefully apply the effect of the PDO to the location responses such as the rainfall in Taiwan.

Key Words: Decadal, Rainfall, Spring, Autumn, PDO, SST, Correlation