

# 金門地區降雨特性長期趨勢變化之研究

## Assessment of Long-term Trends of Rainfall in Kinmen

財團法人農業工程研究中心

|               |             |             |               |              |
|---------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| 研究員           | 助理研究員       | 副研究員        | 副研究員兼組長       | 助理技師         |
| 陳豐文           | 譚允維         | 林修德         | 張雅婷           | 卓宇謙          |
| Feng-Wen Chen | Yun-Wei Tan | Hsiu-Te Lin | Ya-Ting Chang | Yu-Chien Cho |

### 摘 要

金門為一座雨量僅為台灣一半之缺水小島，雨量是農業生產過程水量之主要來源，各項雨量資訊攸關農業灌溉之發展及應對措施研擬之參考。本研究應用 4 種常用之統計方法(最小平方法, LS、移動平均法, MA、指數平滑法, ES、無母數統計法, Cox-Stuart 檢定法)配合金門氣象站(站號 467110)於 2008~2017 年期間之 10 年日降雨資料分析 5 種雨量參數(1.年雨量、2.年降雨日數、3.豐水期間之雨量值、4.枯水期間之雨量值、5.豐枯比)之長期趨勢，整體而言，年雨量、年降雨日數、豐水期雨量、枯水期雨量均呈現微幅增加趨勢、豐枯比則無一致變化趨勢。

關鍵詞：降雨特性、長期趨勢、金門、無母數統計方法

### Abstract

Kinmen is a water-deficient island with only half of Taiwan's rainfall. Rainfall is the major source of water demand in the agricultural production process, and rainfall parameter can be provided for the reference to the development of agricultural irrigation and the development of countermeasures. In this research, four commonly used statistical methods (Least Squared method, LS; Moving Average method, MA; Exponential Smoothing method, ES; Nonparametric Statistics method; Cox-Stuart Test method) with rainfall data of 10 years (2008-2017) for the Kinmen weather station (No. 647110). The data are analyzed for the long-term trends of the five rainfall parameters(1. annual rainfall; 2.the annual rainfall days; 3.the rainfall during wet season; 4.the rainfall during dry season; 5.the ratio between wet seasons and dry seasons). Overall, the annual rainfall, the annual rainfall days, the rainfall during wet season, and the rainfall during dry season all show a slight increase trend, and there was no consistent change trend for the ratio between wet seasons and dry seasons.

Keywords: Rainfall Characteristics, Long-term Trend, Kinmen, Nonparametric Statistics.

## 一、前言

金門縣為台灣重要之外島，由於距離台灣本島距離約 200 公里，氣候條件與特性與台灣不盡相同，由於金門屬於長年缺水地區，因此無法種植水稻，反而因種植省水的高粱作物，孕育特殊的金門高粱文化；然而受到氣候變遷的影響，金門的水文條件是否受到嚴重衝擊不得而知，因此本研究構思以統計分析的方式，藉由金門地區降雨資料的長期趨勢分析，評估各種降雨參數的變化趨勢，藉以瞭解金門雨量的變化趨向正面或是負面發展，以作為後續農業發整或水資源建設相關決策之參酌資料。

## 二、材料與方法

### (一).研究區域

本研究以金門縣為研究範圍，涵蓋烈嶼鄉(小金門)、金城鎮、金寧鄉、金湖鎮與金沙鎮等行政區域。如圖 1 所示。茲將金門相關背景資料概述如下：金門東鄰臺灣海峽，西邊靠近中國廈門市，天氣易受海洋環境、東北季風影響，屬於亞熱帶海洋季風氣候，以金門站(中央氣象局地面氣象站，站號 467110)為例，近 10 年平均溫度為  $21.1^{\circ}\text{C}$  (資料範圍：2008/1/1~2018/3/29)，1 月至 2 月氣溫較低，月均溫均為  $13.2^{\circ}\text{C}$ ，而 7 月至 8 月份氣溫則較高，月均溫分別為  $28.4^{\circ}\text{C}$  與  $28.5^{\circ}\text{C}$ ，有關近 10 年溫度變化如圖 2 所示。

金門地區由於地勢平坦、無高山形成遮蔽，易受到東北季風影響、且風力強勁，金門站測得近 10 年平均日均風風速約為  $2.98\text{ m/s}$ ，其中又以 10 月風速較強，平均風速約為  $3.74\text{ m/s}$ ，相較於蒲福氏風級之 3 級風；風向而言由於長年受到東北季風影響，近 10 年日均風風向介於  $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$  者(東北方至東北東方向)佔有近 50%，有關平均風速及風向詳如圖 3 所示。藉由前述可知金門地區長年受強勁東北季風影響，故該地區蒸發散量也隨之影響，以金門站 A 型蒸發量統計結果為例，到得近 10 年來年平均蒸發量為  $1,117.5\text{ mm}$ ，其中以 7~10 月蒸發量較高，有關各月份平均蒸發量如圖 4 所示。



圖 1 研究區域地理分布一覽

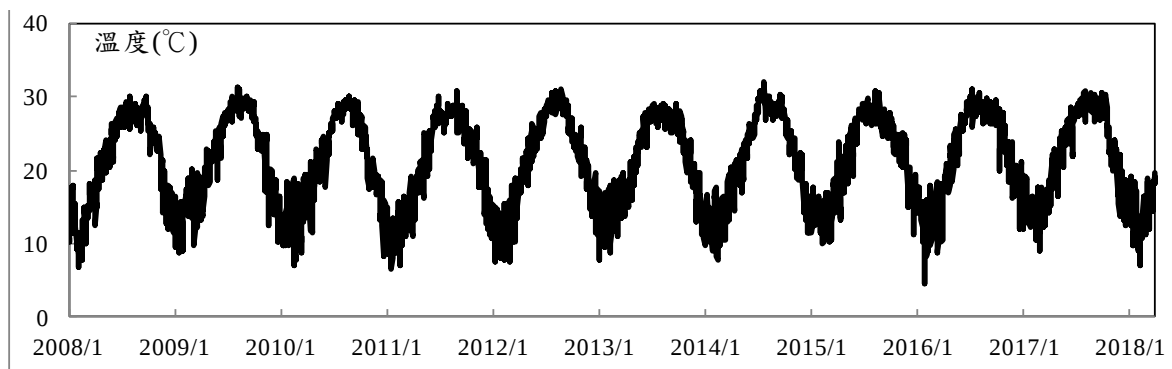


圖 2 金門站(站號 467110)近 10 年日均溫變化一覽

金門地區氣象站除上述金門站之外另有 5 處，分別為烏坵站(站號 C0W160)、金沙站(站號 C0W140)、金寧站(站號 C0W150)、金門(東)氣象站(站號 A0W03)及九宮碼頭氣象站(站號 A0W10)，4 處氣象站之權管單位均為中央氣象局；4 處氣象站中最西邊之測站為位於金沙鎮之金門站，金門站屬於地面氣象站，觀測項目包含人工觀測，自 2004/1/1 即開始記錄氣象資料，資料長度長達 14 年，其餘 3 處測站均為自動氣象站，資料均自 2016/10/5 開始記錄，相較於金門站資料量較為少，有關各氣象站之基本資料與相對位置，詳表 1 與圖 5 所示。

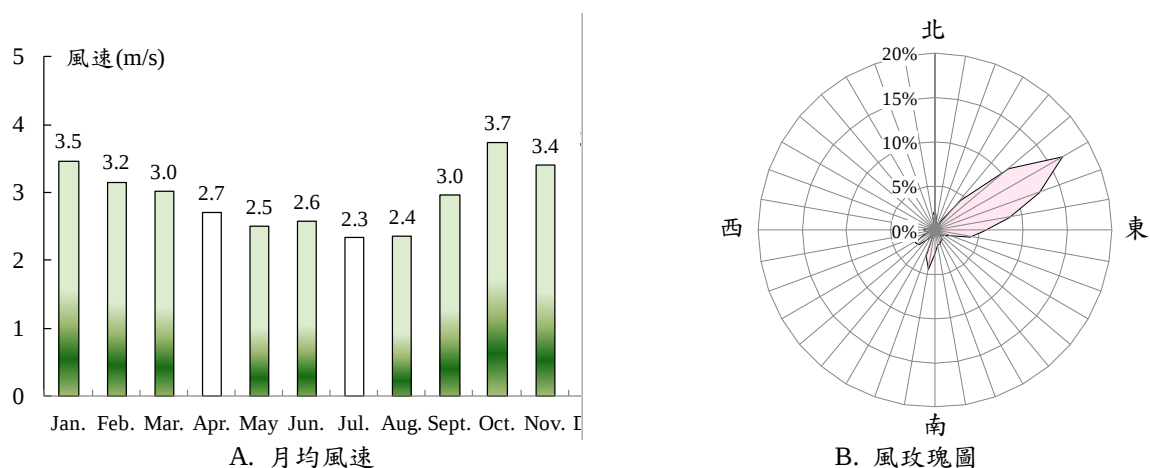


圖 3 金門站(站號 467110)近 10 年月均風速及風玫瑰圖

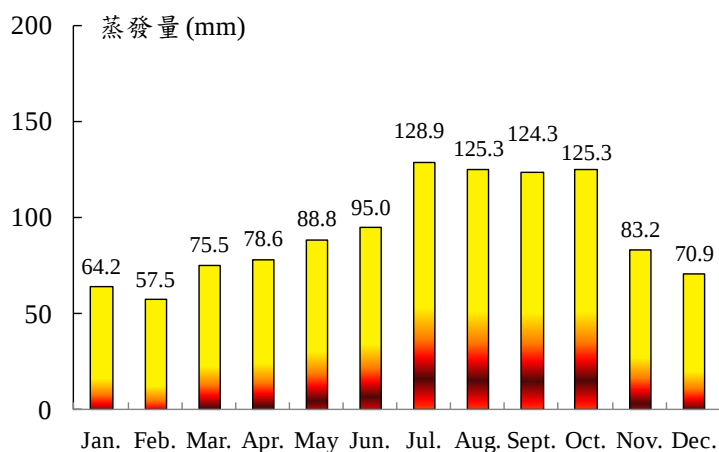


圖 4 金門站(站號 467110)近 10 年月平均蒸發量變化一覽

表1 金門縣氣象站基本資料

| 站名    | 站號     | 海拔<br>(m) | 鄉鎮  | 測站類別       | 資料起始       | 位置     |       |
|-------|--------|-----------|-----|------------|------------|--------|-------|
|       |        |           |     |            |            | 經度     | 緯度    |
| 金門    | 467110 | 47.9      | 金城鎮 | 中央氣象局地面氣象站 | 2004/01/01 | 118.29 | 24.41 |
| 金沙    | C0W140 | 21.0      | 金沙鎮 | 中央氣象局自動氣象站 | 2016/10/05 | 118.41 | 24.49 |
| 金寧    | C0W150 | 42.0      | 金寧鄉 | 中央氣象局自動氣象站 | 2016/10/05 | 118.33 | 24.46 |
| 烏坵    | C0W160 | 49.0      | 烏坵鄉 | 中央氣象局自動氣象站 | 2016/10/05 | 119.45 | 24.99 |
| 九宮碼頭  | A0W10  | 2.0       | 烈嶼鄉 | 中央氣象局自動氣象站 | 無法蒐集       | 118.26 | 24.43 |
| 金門(東) | A0W03  | 6.0       | 金湖鎮 | 中央氣象局自動氣象站 | 2012/1/1   | 118.43 | 24.42 |

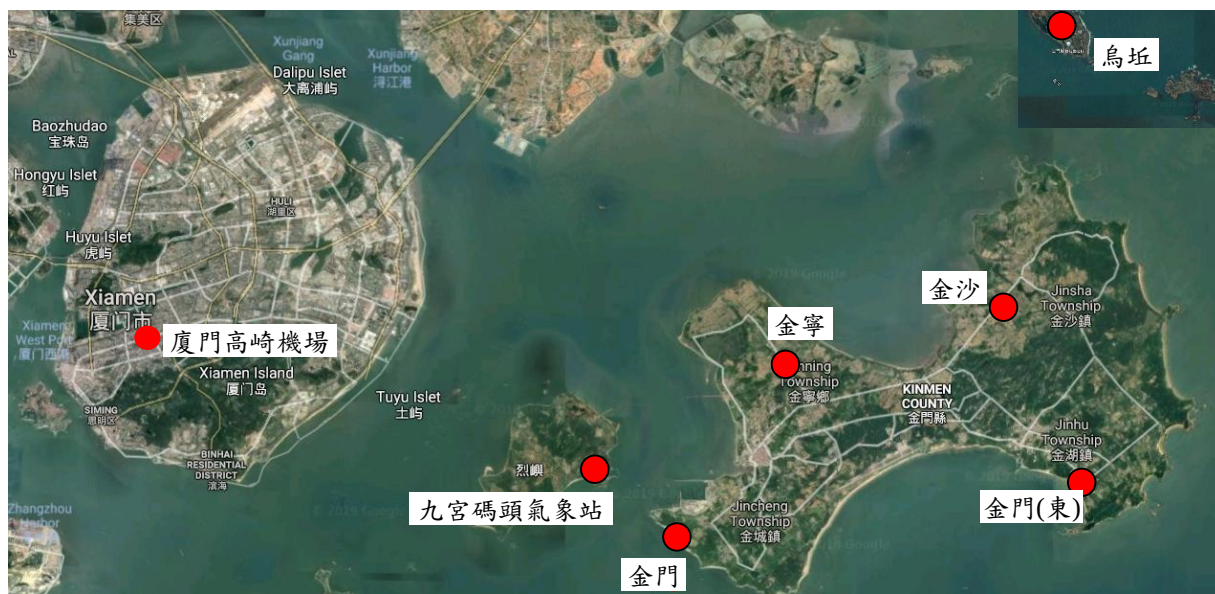


圖 5 金門地區氣象站分布位置

降雨數據為本研究之重要資料，以金門站為例，近10年平均年降雨量為1,054.5 mm，其中4~9月降雨量即達到741.6 mm(約佔全年降雨量70.3%)，降雨不均、乾濕季分明，降雨型態顯示4~6月為梅雨季，7~9月則為颱風降雨，10月~1月雖然受到強烈東北季風影響，然而金門地區地勢較低、無高山格檔，難以產生地形降雨，有關降雨時間分佈如圖6所示。綜合上述資料顯示金門地區年蒸發量大(1,117.5 mm)，且降雨時間不均勻、缺乏山脈難以涵養水源，故水資源缺乏，使得各產業用水分配、調度上更顯重要。

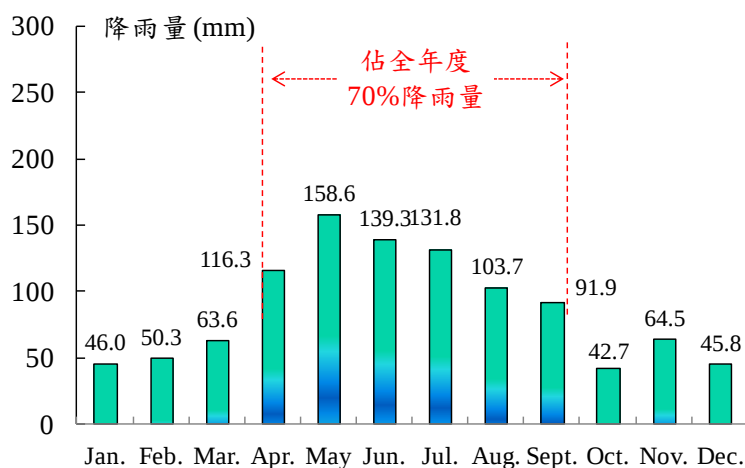


圖 6 金門站(站號 467110)近 10 年平均月雨量變化一覽

## (二).研究方法－時間趨勢分析方法

時間序列資料分析一般由下列 4 個成份所構成：長期趨勢(Long-term Trend)、季節變動(Seasonal Variation)、循環變動(Cyclical Fluctuation)及不規則變動(Irregular Fluctuation)，長期趨勢是時間序列構成的主要成份。本研究應用統計方法分析其水文資料趨勢變動，本研究採用簡易時間序列分析方法作為水文資料長期趨勢變動探討方法。

### 1.最小平方法(Method of Least Square)

最小平方法(LS)係以數學方法，根據統計資料配適一代表時間序列長期趨勢的數學方程式，藉以求得各長期趨勢值的一種最佳方法；通常取得一系列水文資料，透過資料擬合、殘差分析等評估後，所建立的迴歸式可做為長期趨勢描述用途；而進行上述迴歸分析過程所需參數估計方法最常用者即為最小平方法，其以殘差平方和當作評估標準，當殘差平方和愈小，表示所推估得趨勢線與選用水文資料配適性愈佳。以最小平方法配適時間序列的長期趨勢線時，必須符合二個條件，即(1).各時間  $t$  的趨勢值( $\hat{y}_t$ )對實際觀察值( $y_t$ )的誤差之總和必為 0，即  $\sum(y_t - \hat{y}_t) = 0$ ；(2).所有誤差的平方和為最小， $\text{Min}\sum(y_t - \hat{y}_t)^2$ 。長期趨勢可表示為直線及曲線兩類，其形式如(1)式及(2)式(方世榮等，1988；王如意等，1992；陳順宇，2000)。

$$y = a + bt \dots\dots\dots(1)$$

$$y = a + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3 + \dots + b_nt^n \dots\dots\dots(2)$$

式中： $y$  表示水文量； $a$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ ... $b_n$  為待求係數，求法不贅述(參酌王如意等，1992)； $t$  為時間單位(日)。

### 2.移動平均法(Moving Average Method)

移動平均法(MA)為改良的算術平均法，是一種最簡單的自適應預測模型；因時間序列可能具有循環變動及不規則的變動，經由平均的結果，數列中過大與過小的觀測值可互相補償，致使平均數成為一種適中而正常的量數。移動平均法乃是將時間序列  $Y$  逐期(週、月或年)順序移動，將時間序列之兩期或多期的觀測值平均，以代替其中間一期的趨勢值，得到一連串由平均數構成的數列，結果便是所求的長期趨勢  $T$ ；所謂“平均”可用中位數或幾何平均數求之，一般採用算術平均數。移動平均法的優點亦在於其計算簡單(與最小平方法比較)，移動期數的選擇原則如下：由於水文時間序列具某種規則波動且其週期為  $n$  年時，則時間序列的分隔期距可取  $n$  年、 $2n$  年、 $3n$  年等之移動平均數，以消除原水文序列之波動，表現原具有之長期趨勢，本法之缺點在於波動週期不確定而各週期變動幅度不同時，移動平均數之分隔期距較難決定；使用移動平均法進行預測能平滑掉需求的突然波動對預測結果的影響。此外，運用移動平均法時要需大量的歷史水文、加大移動平均法的期數(即加大  $n$  值)會使平滑波動效果更好，但會使預測值對數據實際變動更不敏感。以下以 3 年平均移動法為例，其數學式表示如(3)式~(5)式(方世榮等，1988；王如意等，1992)；本法為相關研究常使用者，如(郭峻菖等，2008)等之研究。

$$y_2 = \frac{1}{m} (b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3) \dots\dots\dots(3)$$

$$y_3 = \frac{1}{m} (b_1 x_2 + b_2 x_3 + b_3 x_4) \dots \dots \dots (4)$$

$$y_{n-1} = \frac{1}{m} (b_1 x_{n-2} + b_2 x_{n-1} + b_3 x_n) \dots \dots \dots (5)$$

式中： $y_n$  表示表示第  $n$  年的平均移動數； $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$  為加權係數； $m$  為分割期距； $x_1 \dots x_n$  為水文數列。

### 3.指數平滑法(Exponential Smoothing)

指數平滑法係由 Robert G..Brown 所提出，其認為時間序列的態勢具有穩定性或規則性，所以時間序列可被合理地順勢推延，此法在無趨勢效應時具良好效果。簡單的全期平均法是對時間數列的過去資料一個不漏地全部加以同等利用；移動平均法則不考慮較遠期的資料，並在加權移動平均法中給予近期資料更大的權重；而指數平滑法則相容上述兩法的優點，許多的應用中顯示最靠近現在時間點的資料比起過去的歷史資料更能代表未來值，因此對於久遠歷史資料，給予逐漸減弱的影響程度，即隨著資料的遠離，賦予逐漸收斂為零的權數。指數平滑法的基本公式如(6)式，在平滑化的過程中，第一個平滑資料即等於第一個實際資料( $S_t = A_t$ )，因此水文時間序列資料平滑化可以通式表示之，如(7)式所示：

$$S_t = \alpha A_t + (1-\alpha) S_{t-1} \dots \dots \dots (6)$$

$$S_t = \alpha A_t + \alpha(1-\alpha) A_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 A_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 A_{t-3} + \dots + \alpha(1-\alpha)^{t-2} A_2 + \alpha(1-\alpha)^{t-1} A_1 \dots \dots \dots (7)$$

式中： $S_t$  代表時間  $t$  的平滑後資料； $A_t$  代表時間  $t$  的實際值； $\alpha$  為平滑化常數(Smoothing Constant)。

應用平滑後資料進行預測之數學式可表示如(8)式，將(9)式合併入(8)式中並繼續擴展可得(10)式，其原理是任一期的指數平滑值都是本期實際觀察值與前一期指數平滑值的加權平均。平滑常數  $\alpha$  值的決定常採用試誤法而得，越小的  $\alpha$  值 ( $\alpha < 0.1$ ) 適用於變動越明顯的時間序列資料，亦即不規則效應越明顯的時間序列資料；相反的，越大的  $\alpha$  值適用於越穩定的時間序列資料；方世榮(1998)列舉  $\alpha$  值的參考準則如下：當時間數列呈現不規則變動，但接近較穩定的常數， $\alpha$  值=0.05~0.20；當時間數列波動不大，長期趨勢變動緩慢， $\alpha$  值=0.10~0.40；當時間數列波動較大，長期趨勢變動快速且明顯， $\alpha$  值=0.60~0.90。

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1-\alpha) F_t \dots \dots \dots (8)$$

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1-\alpha) F_{t-1} \dots \dots \dots (9)$$

$$F_{t+1} = \alpha A_t + \alpha(1-\alpha) A_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 A_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 A_{t-3} + \dots \dots \dots (10)$$

式中： $F_t$  代表第  $t$  期的預測值； $A_t$  代表第  $t$  期的實際值； $F_{t+1}$  代表第  $t+1$  期的預測值； $\alpha$  為平滑化常數(Smoothing Constant)。

由(8)~(10)式可知，每一個平滑後的資料都是由過去的資料加權後而得。越近當期的資料，其權重越大，對當期之影響越大；反之，越早期的資料，其權重越小，對當期之影響愈小。也因為其權重呈指數遞減，因此稱之為指數型平滑。過去許多的應用中都顯示了指數平滑法具備下列之優點：(1).指數平滑模式計算容易，且預測準確度高；(2).僅需最低的資料儲存；(3).藉由  $\alpha$  值的變化，很容易求算模式的正確性(曹銳勤，2001)。

#### 4.無母數統計方法：Cox-Stuart 檢定法

Cox-Stuart 檢定法可針對一定順序排列的資料檢定資料是否具向上或向下的趨向，相似於符號檢定法，其原理如下，設有  $m$  個獨立觀測值  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ ，將其配對成  $(x_1, x_{1+c}), (x_2, x_{2+c}), (x_3, x_{3+c}) \dots (x_{m-c}, x_m)$ ，當  $m$  為偶數時， $c=m/2$ ； $m$  為奇數時， $c=(m+1)/2$ ；如資料無向上或向下的趨勢時，配對之差額為正差或負差應為隨機性，當配對差額為正值或負值為太多或太少時，則表示資料可能有特別的趨向，當差額為零時，應刪除而使不為零之個數為  $n$ ；檢定統計量  $S$  為正號或負號較少者為之。

檢定可為單尾檢定或雙尾檢定，雙尾檢定之虛無假設  $H_0$  為資料無特別趨向、對立假設  $H_1$  為有上升或下降之趨勢；當資料樣本數少時，可依二項分配處理，依中央極限定理，當樣本數甚大時，二項分配近似於常態分配，故其檢定公式如(11)式，本檢定法之理論基礎為資料無向上或向下趨勢時則配對差額為正值或負值之個數相近，表示沒有特別趨向，此時接受  $H_0$  (顏月珠，2007)。

$$Z = \frac{(S_0 + 0.5) - 0.5n}{0.5\sqrt{n}} \dots\dots\dots(11)$$

式中： $S_0$  代表配對之正差或負差個數少者； $n$  係指差值不為零的配對數量。

### 三、結果與討論

雨量是農業生產過程水量之主要來源，各項雨量資訊攸關農業灌溉之發展及應對措施研擬之參考，本研究茲於 4 處金門地區氣象站中選定雨量觀測資料期間最長之金門測站進行各項雨量資訊之長期趨勢探討，雨量資料期間為 2008~2017 年之 10 年日雨量數據，雨量參數包含 1.年雨量、2.年降雨日數、3.豐水期間之雨量值、4.枯水期間之雨量值、5.豐枯比等。表 2 為金門氣象站(站號 467110)於 2008~2017 期間之月平均雨量一覽，上述 5 項重要雨量參數資訊則彙整於表 3，作為本研究探討長期趨勢之基本數據來源。

#### (一).趨勢分析方法所需參數之決定

本研究應用 4 種常用之統計方法進行長期趨勢探討，包含最小平方法(LS)、移動平均法(Moving Average Method)、指數平滑法(Exponential Smoothing)、無母數統計方法：Cox-Stuart 檢定法進行分析；趨勢分析方法採用簡單時間序列方法及無母數統計的檢定法進行趨勢分析及比較，其中最小平方法、移動平均法、指數平滑法等時間序列方法分析，除最小平方法直接採用迴歸方程式及相關係數(R-Square Value)進行趨勢判定外；移動平均法及指數平滑法分析雨量長期趨勢之過程，皆有計算參數須主觀設定，不同分析

人員賦予不同權重易獲得不同趨勢結果；包含移動平均法需決定移動平均年數、指數平滑法需決定  $\alpha$  值。

本研究為獲得客觀結果，考量採用試誤法(Trial and Error)分析不同移動平均年期(2年、3年、5年、6年等4種)及  $\alpha$  值(0.05、0.1、0.3、0.6、1.0)之分析結果，並以相關係數(R-Square Value)決定分析不同雨量站及降雨參數趨勢時所需採用較佳之移動平均年期(2~6年)及  $\alpha$  值；結果顯示移動平均年期與相關係數值成正比，各雨量參數均具一致性。其次，本研究應用無母數統計方法中Cox-Stuart檢定法進行趨勢顯著性的檢定，茲將檢定條件設為信賴度95%、顯著水準 $\alpha=0.05$ 的條件下進行檢定，通過檢定者之物理意義為該雨量之受檢定之降雨參數10年來之長期趨勢具上升或下降之顯著變動趨勢，明確判定趨勢為上升或下降；若未通過檢定之結果，其意義仍為無法判定趨勢為上升或下降，長期變動趨勢不明顯。

表2 金門氣象站(站號467110)2008~2017期間之月平均雨量一覽

| 西元   | 1月    | 2月   | 3月    | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2008 | 29.6  | 35.4 | 20.4  | 68.3  | 63.4  | 231.3 | 251.7 | 67.5  | 27.4  | 163.2 | 62.6  | 5.9   |
| 2009 | 3.2   | 17.7 | 117.8 | 180.2 | 31.1  | 190.7 | 77.3  | 136.8 | 30.0  | 1.2   | 68.5  | 30.6  |
| 2010 | 25.8  | 96.0 | 41.5  | 118.1 | 183.1 | 187.5 | 4.5   | 8.4   | 130.6 | 129.7 | 14.2  | 34.1  |
| 2011 | 3.3   | 19.2 | 16.2  | 21.8  | 90.6  | 114.8 | 122.4 | 185.5 | 36.9  | 1.6   | 168.0 | 1.1   |
| 2012 | 60.7  | 81.6 | 22.2  | 140.8 | 126.2 | 118.5 | 31.7  | 38.8  | 59.1  | 7.5   | 125.3 | 81.7  |
| 2013 | 0.1   | 17.7 | 73.8  | 188.5 | 297.3 | 151.4 | 355.7 | 181.9 | 27.9  | 3.9   | 48.0  | 55.3  |
| 2014 | 0.0   | 84.4 | 52.4  | 53.1  | 300.9 | 148.5 | 106.9 | 115.2 | 1.6   | 0.4   | 6.8   | 36.4  |
| 2015 | 32.6  | 55.2 | 28.1  | 73.0  | 169.1 | 24.2  | 138.1 | 182.6 | 214.2 | 7.9   | 0.0   | 185.1 |
| 2016 | 196.7 | 41.4 | 248.3 | 274.8 | 223.6 | 55.1  | 137.1 | 73.7  | 362.4 | 110.2 | 123.2 | 28.1  |
| 2017 | 4.8   | 90.1 | 39.8  | 44.6  | 101.0 | 171.0 | 92.6  | 46.5  | 29.5  | 1.4   | 28.7  | 0.2   |
| 平均   | 35.7  | 53.9 | 66.0  | 116.3 | 158.6 | 139.3 | 131.8 | 103.7 | 91.9  | 42.7  | 64.5  | 45.8  |

單位：mm。

表3 金門氣象站(站號467110)2008~2017期間之5大雨量參數一覽

| 西元   | 年雨量   | 降雨日數 | 豐水期雨量 | 枯水期雨量 | 豐枯比  |
|------|-------|------|-------|-------|------|
| 2008 | 1,026 | 116  | 804   | 222   | 3.62 |
| 2009 | 885   | 104  | 467   | 418   | 1.12 |
| 2010 | 973   | 130  | 644   | 330   | 1.95 |
| 2011 | 781   | 96   | 552   | 229   | 2.40 |
| 2012 | 894   | 143  | 382   | 512   | 0.75 |
| 2013 | 1,401 | 114  | 1,018 | 383   | 2.66 |
| 2014 | 906   | 111  | 673   | 233   | 2.89 |
| 2015 | 1,110 | 117  | 736   | 374   | 1.97 |
| 2016 | 1,874 | 145  | 962   | 912   | 1.05 |
| 2017 | 650   | 107  | 442   | 208   | 2.12 |
| 平均   | 1,050 | 118  | 668   | 382   | 2.05 |

單位：年雨量、豐水期雨量、枯水期雨量為mm，降雨日數單位為天，豐枯比無單位。

註：豐枯比=豐水期雨量與枯水期雨量之比值。

## (二).長期趨勢分析結果

本研究茲將1.年雨量、2.年降雨日數、3.豐水期間之雨量值、4.枯水期間之雨量值、5.豐枯比等參數之長期趨勢分析成果彙整如圖7~圖11、表4。

分析成果顯示雨量部分，最小平方法(LS)、移動平均法(MA)、指數平滑法(ES)均顯

示年雨量略為增加之趨勢、但無母數統計方法並無法判斷是否具有升降趨勢，亦無法通過信賴水準 90 % 的門檻值；其中最小平方法(LS)之相關係數僅 0.07，幾乎無相關性；移動平均法(MA)與指數平滑法(ES)之相關性則較高(相關係數約 0.70~0.84)。

年降雨日數方面，10 年期間之降雨日數分布於 96~145 日區間，最小平方法(LS)、移動平均法(MA)、指數平滑法(ES)及無母數統計方法均顯示年降雨日數呈現略為增加之趨勢，惟最小平方法(LS)之相關係數僅 0.07，幾乎無相關性、無母數統計方法(Cox-Stuart 檢定法)雖顯示降雨日數未來具增加(上升)趨勢，但並無通過顯著性檢定；僅移動平均法(MA)與指數平滑法(ES)之相關性則較高(相關係數約 0.87~0.91)。

豐水期雨量方面，4 種方法均顯示豐水期雨量長期趨勢呈現略為增加之趨勢，惟最小平方法(LS)之相關係數僅 0.2，相關性偏低、無母數統計方法(Cox-Stuart 檢定法)亦無通過顯著性檢定；僅移動平均法(MA)與指數平滑法(ES)之相關性則較高(相關係數約 0.88~0.96)。

枯水期雨量方面，4 種方法均顯示枯水期雨量之長期趨勢呈現略為增加，惟最小平方法(LS)之相關係數僅 0.08(不具相關性)、無母數統計方法(Cox-Stuart 檢定法)亦無通過顯著性檢定；僅移動平均法(MA)由 2 年移動平均提高至 6 年移動平均時，相關係數可由 0.4 提升至 0.7，但指數平滑法(ES)於高低  $\alpha$  值之趨勢相反，且相關係數僅 0.03~0.16，因此其趨勢成果不作為參考依據。

豐枯比之趨勢，4 種方法成果差異性大，顯示豐枯比並無特殊之變動趨勢。其中最小平方法(LS)與移動平均法(MA)均為下降趨勢，但其相關係數僅 0.04~0.44，相關性極低；指數平滑法(ES)則呈現趨勢上升之現象，且相關性相對較高(相關係數約 0.35~0.93)；無母數統計方法(Cox-Stuart 檢定法)顯示豐枯比並無特定上升或下降趨勢，但無通過顯著性檢定。

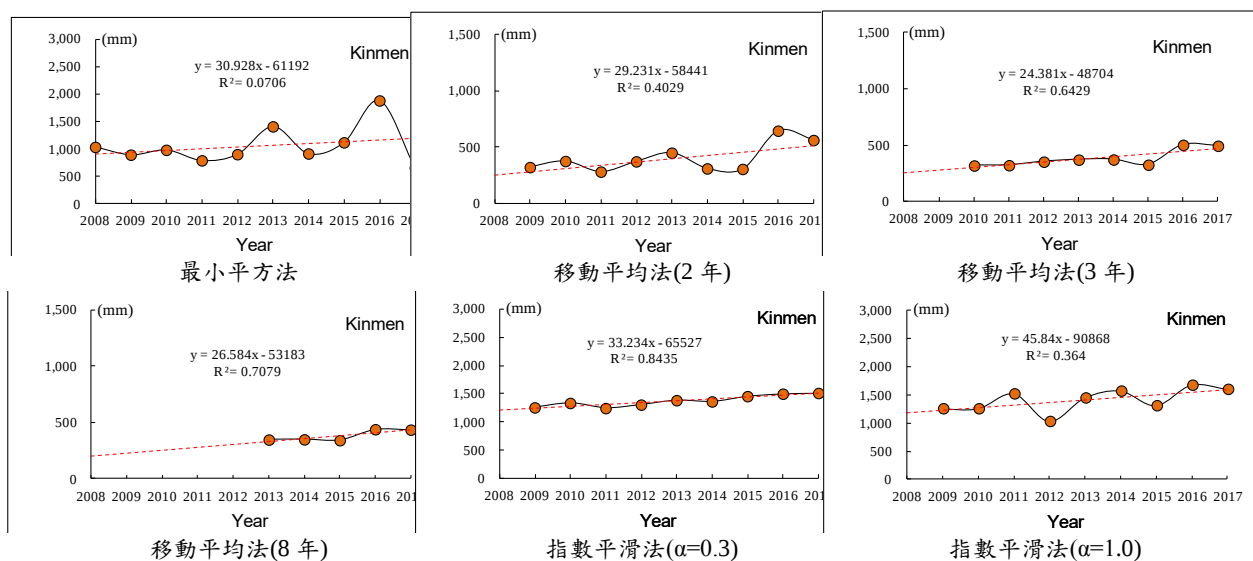


圖 7 金門氣象站(站號 467110)年降雨量之長期趨勢變動

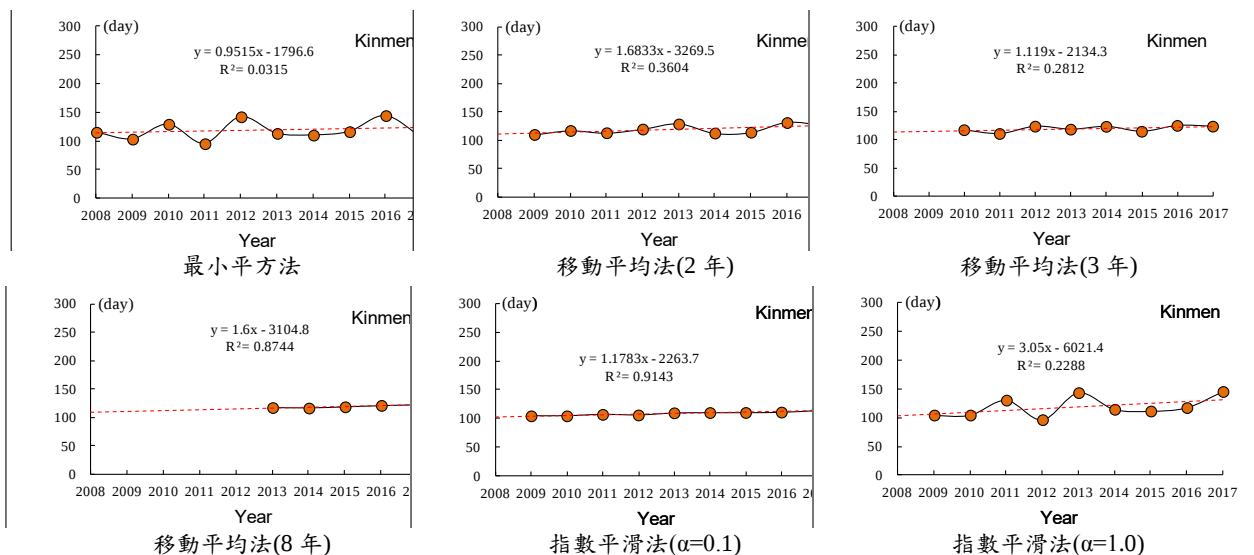


圖 8 金門氣象站(站號 467110)年降雨日數之長期趨勢變動

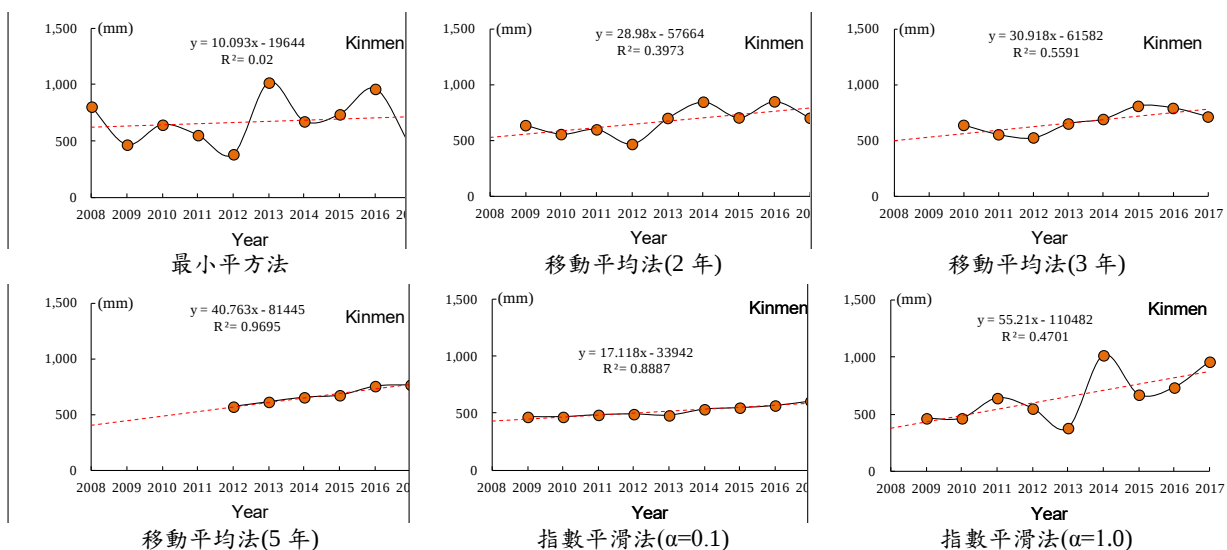


圖 9 金門氣象站(站號 467110)豐水期雨量之長期趨勢變動

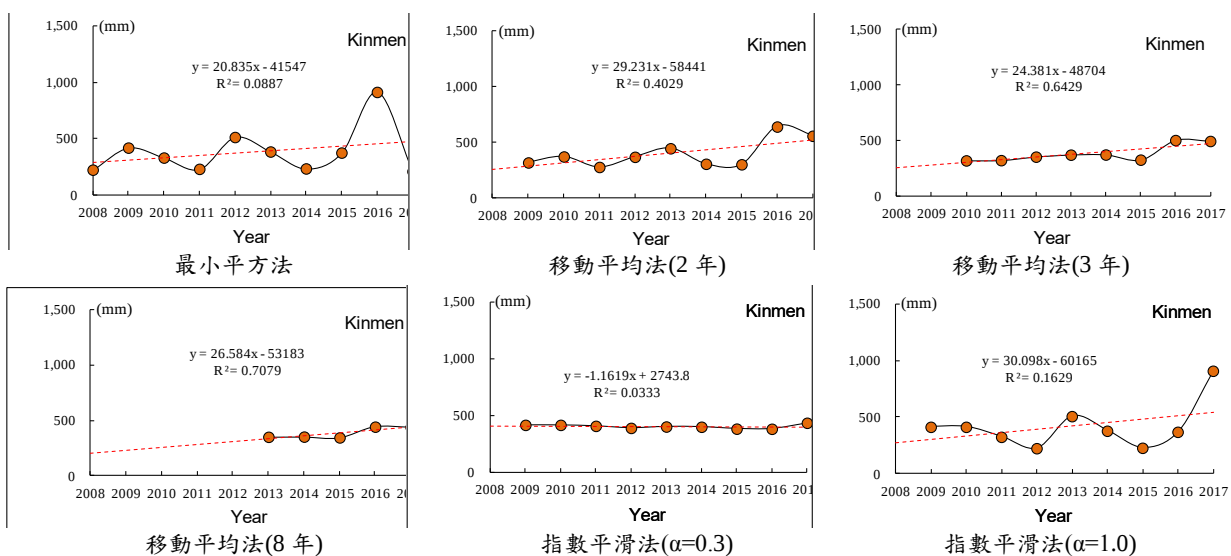


圖 10 金門氣象站(站號 467110)枯水期雨量之長期趨勢變動

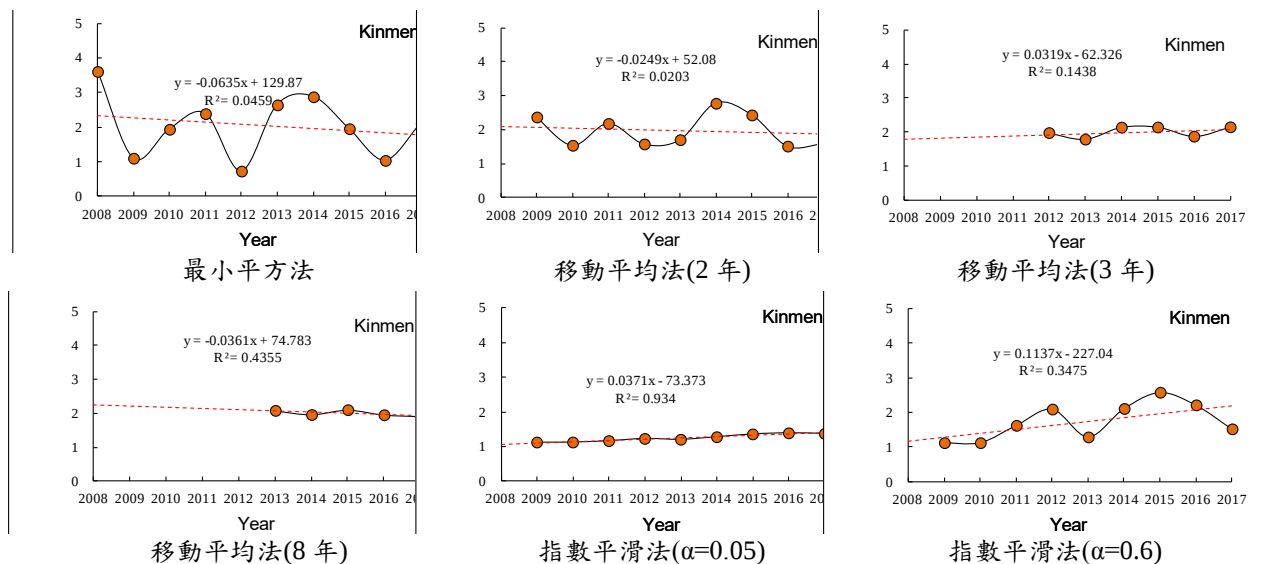


圖 11 金門氣象站(站號 467110)豐枯比之長期趨勢變動

表 4 金門氣象站(站號 467110)長期趨勢分析結果一覽

| 方法             | 年雨量 | 年降雨日數 | 豐水期雨量 | 枯水期雨量 | 豐枯比 |
|----------------|-----|-------|-------|-------|-----|
| 最小平方方法         | ↑   | ↑     | ↑     | ↑     | ↓   |
| 移動平均法          | ↑   | ↑     | ↑     | ↑     | ↓   |
| 指數平滑法          | ↑   | ↑     | ↑     | ↑     | ↑   |
| Cox-Stuart 檢定法 | N×  | ↑×    | ↑×    | ↑×    | N×  |

註：最小平方方法、移動平均法、指數平滑法、Cox-Stuart 檢定法分析結果以↑表示趨勢上升；↓表示下降；N 為無趨勢；通過 Cox-Stuart 檢定法有顯著趨向者以○表示，無通過檢定者為×。

## 四、結語

本研究應用 4 種常用之統計方法(最小平方方法, LS、移動平均法, MA、指數平滑法, ES、無母數統計法, Cox-Stuart 檢定法)配合金門氣象站 10 年降雨資料分析 5 種雨量參數之長期趨勢，整體而言，年雨量、年降雨日數、豐水期雨量、枯水期雨量均呈現微幅增加趨勢、豐枯比則無一致的變化趨勢。其次，由於金門屬於缺水地區，本研究蒐集相關基礎資料過程，發現金門地區有關資料之完整度遠低於台灣本島相同性質之資料，例如水資源用水資料輯圖資、農業氣象資料完整性的缺乏及記錄年份過短之現象；因此本研究受限於氣象測站資料不足之限制，僅使用 1 處測站的 5 種降雨參數 10 年數據進行長期趨勢探討，其分析成果可能尚無法明確獲得預期的代表性成果，因此後續建議若能蒐集鄰近地區(廈門)或本區更長期間之水文及氣象資料，應有助於透過統計方法分析水文長期趨勢及判定。

## 參考文獻

1. 王如意、易任，1992，「應用水文學(下冊)」，國立編譯館，P.99~292。
2. 方世榮、詹世煌，1988，「統計學導論」，曉園出版社。

3. 方世榮，1998，「統計學導論」，華泰文化事業公司。
4. 陳順宇，2000，「迴歸分析」，華泰書局。
5. 曹銳勤，2001，「以灰色預測值建構模糊指數平滑模式」，Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol.18, No.6, P.95~103
6. 郭峻菖、鍾侑達、陳昶憲，2008，「氣候變遷下台灣集水區降雨趨勢分析」，2008 水資源管理研討會。
7. 顏月珠，2007，「無母數統計方法」。