

運用開放資料建置臺灣陸域環境因子多時序資料集

Using open data to establish a multi-temporal and terrestrial environmental dataset of Taiwan

陳宛均^{1,2*} 羅祈鈞¹ 蔡富安¹ 張安瑜¹

Wan-Jyun Chen^{1,2*}, Chi-Chun Lo¹, Fu-An Tsai¹ and An-Yu Chang¹

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 552南投縣集集鎮民生東路1號

²國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所 106台北市羅斯福路四段1號

¹Endemic Species Research Institute, No. 1, Ming-shen East Road, Jiji, Nantou 552, Taiwan

²Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University,
No. 1, Section 4, Roosevelt Road, Taipei 106, Taiwan

* 通訊作者 e-mail: jyun@tesri.gov.tw

*Corresponding author e-mail: jyun@tesri.gov.tw

摘要

高空間解析度的環境資料是生態與環境科學研究的重要元素。為了強化臺灣相關領域的研究與應用，本研究盤點國內外開放的環境資料集，篩選臺灣範圍內解析度高且訊息最完整之資料，運用GIS空間分析建構1 km網格解析度的「臺灣陸域環境因子多時序資料集」。資料集的時間橫跨1970 - 2010年，每10年為一個時段，共分成5個年代。資料範圍涵蓋臺灣本島及周遭島嶼，並依地理位置分別建立兩個子資料集，一是以東經121度 (TWD97/TM2 Zone 121)，包含臺灣本島、琉球嶼、北方三島（棉花嶼、花瓶嶼、彭佳嶼）、龜山島、綠島與蘭嶼，另一則是以東經119度 (TWD97/TM2 Zone 119)，包含馬祖、金門、澎湖與東沙。資料集內的環境因子包含8個地形因子、79個氣候因子、9個土地覆蓋因子與4個其他因子等共100項變數。本研究以提供檔案下載連結方式開放資料，提供臺灣最完整時空範圍的高解析度之環境因子圖檔 (ESRI shapefile)、具地理坐標的影像格式 (GeoTIFF)與資料矩陣數值檔 (ASCII)，可大幅節省研究者彙整搜集與資料運算時間，並可有效應用於生物分布模擬、氣候與環境變遷分析等研究。

關鍵詞：氣候變遷、環境因子資料庫、地理資訊系統、開放資料、物種分布預測模型

Abstract

High resolution spatial-temporal environmental dataset is one of the most important elements in environmental and ecological researches. In order to improve the studies and applications in different sectors of Taiwan, we built multi-temporal environmental ready-datasets in Taiwan proper and its outlying islands with 1 km resolution. We collected high resolution raw data from domestic and international databases, of which the spatial range covered the whole extent of Taiwan proper and its outlying islands. The dataset was classified into five-decade periods between 1970 and 2010. We divided the dataset into two sub-datasets by two degree zones. TWD97/ TM2 Zone 121 includes Taiwan proper, Hsiao Liouciou Island, Pen-Chia Yu, Mian-Hua Yu, Hua-Ping Yu, Kueishan Island, Lüdao and Orchid islands; and the TWD97/ TM2 Zone 119 includes Matsu islands, Kinmen islands, Penghu islands and Pratas islands. We set 100 variables in the dataset, including eight topographical variables, 79 climatic variables, nine land cover types and four other variables. This ready-dataset was opened as shapefile, GeoTIFF and ASCII data formats. This dataset could support the studies concerning

environmental issues, such as species distribution modeling, climate change, and environment change; and save researchers a considerable amount of time in dealing with datasets from different sources.

Key words: climate change, environmental database, geographic information system (GIS), open data, species distribution model

收件日期：2019年06月14日

接受日期：2019年12月27日

Received: June 14, 2019

Accepted: December 27, 2019

緒言

高空間解析度的環境因子資料是生態研究重要元素之一，在生態學研究中，常運用環境資料建構動植物的分布預測模型，而無論是推測生物潛在棲地、生物生理或物種遷徙模式等研究，都需要地形與氣候等自然環境因子基礎資料（許皓捷 2016, Karger *et al.* 2017）。同時土地覆蓋變遷與環境開發指數等人為環境因子，也是了解人類與生物互動關係重要的資料來源。

李培芬等 (1997)所建構的環境因子資料庫解析度為1 km，並在2008年局部更新，內容包括氣溫、雨量、海拔高度、森林植群、地理性資訊、生態保護區、生態分區、河流及有關距離描述的GIS衍生性資訊等224個生態與環境因子圖層。然而，前述資料庫初版建置年代距今已逾20年，這20年間原始資料來源因應環境的改變而更新，且內容及空間解析度也更趨精細，若

沿用舊資料庫資訊明顯與現今環境的現況不完全相符。因此許皓捷 (2016)於0.5 km、1 km、2 km與4 km等4種解析度網格系統內重新建構「臺灣及澎湖群島環境因子GIS資料庫」，免費提供教學與學術研究目的使用，環境變數包括地形、氣候、土地利用與其他GIS相關等，共99項環境因子。其資料內容為當代環境資訊，但僅提供單一年代，資料範圍也僅涵蓋臺灣本島與澎湖，未涵蓋所有的臺灣離島。

近年由於電腦運算能力、數值模擬模式、遙測技術等科技的發展，以及資料數位化與開放資料的推動 (Michener 2015)，同時全球各式環境資料開放資料庫蓬勃發展，資料內容與解析度也漸趨精細（附錄1）。臺灣近20年推動「國家地理資訊系統 (National Geographic Information System, NGIS)」計畫，有系統的整合地形圖、數值地形模型、衛星影像、航空照片等基礎GIS圖資，還包括自然生態、公共管線、自然環境、國土規劃、社會經濟、環境品

質、土地與交通等資料，相關資料也都能在NGIS網站 (<https://ngis.nat.gov.tw>)、地理資訊圖資雲服務平台 (Taiwan Geospatial One Stop, TGOS; <https://www.tgos.tw>)與政府資料開放平臺(<https://data.gov.tw/>)等資料供應平臺瀏覽或下載。無論在全球或是臺灣，用以建構常見環境因子的原始資料集在近十年內皆有大幅進展，不僅包含的資訊更為細緻且精確，也更容易取得。環境因子資料庫當中最主要的三大類型：數值地形模型、氣候因子與土地覆蓋資料，在現今皆有許多開放的資料來源。

一、全球數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM)，從1996年的GTOPO30全球30角秒 (約1 km) 解析度的數位高程模型 (Digital Elevation Model, DEM)，到2011年已有1角秒 (約30 m) 高解析度的DEM資料集問世。臺灣過往常用的數值地形模型資料來源為行政院農委會林務局農林航空測量所，以40 m網格間距測繪而得的數值高程模型，最近內政部於2018年開放的20 m解析度的DTM資料，則以5 m網格測得的DEM模糊化而得，精準度提高，但資料涵蓋區域仍僅限於臺灣本島與澎湖 (內政部20公尺網格數值地形模型資料，<https://data.gov.tw/dataset/35430>)。

二、氣候因子方面，早年的氣候資料是以0.5度網格單位製成，而目前全球廣泛使用的資料空間尺度大多已達30角秒解析度，全球氣候圖層資料集 (WorldClim)，目前釋出第二版，提供10角分、5角分、2.5角分與30角秒空間解析度的1970 - 2000年全球每月

氣候資料 (Fick and Hijmans 2017)；全球地表高解析度氣候資料 (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas, CHELSA)也利用統計模型將1979 - 2013年每月氣溫與雨量資料降解析度，同樣以30角秒空間解析度發布 (Karger *et al.* 2017)。而臺灣也有「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP) 模擬過去至現在以及未來氣候資料，提供1960 - 2015年臺灣本島月降雨、平均溫度、最高溫及最低溫5 km解析度網格資料，但資料範圍僅限於臺灣本島與澎湖的陸域範圍。

三、土地覆蓋資料是反應人為活動與自然環境的重要資料，由於遙測技術與衛星影像處理能力的進步，目前歐洲太空總署 (European Space Agency, ESA)與美國地質調查局 (United States Geological Survey, USGS)都釋出全球土地覆蓋資料，尤其是ESA更提供1992 - 2015年每年一張300 m解析度的全球土地覆蓋圖層。而臺灣的土地覆蓋資訊主要是由內政部以地籍為單位繪製土地利用圖為基礎，自1993 - 1995年辦理全國第1次國土利用調查，至今定期更新「國土利用調查成果」圖檔，2006 - 2008年完成第2次國土利用調查，2015年發布資料為目前最新國土利用資訊 (內政部國土資訊調查專區<https://www.nlsc.gov.tw/>)；森林圖資部分，林務局定期完成森林資源調查，1956年完成第一次森林資源調查、1977年第二次、1993年第三次，最近一次

是2014年完成的第四次森林資源調查，並繪有全島森林林型分布圖，此外2004 - 2009年「國家植群多樣性調查及製圖計畫」也完成「臺灣現生天然植群圖」，範圍亦是以臺灣本島為主。

雖然前述全球與臺灣的地形、氣候與土地覆蓋等資料有許多管道可網路上取得公開資料，但分散於各資料庫，檔案格式與解析度也不一致，研究者在使用之前仍需要耗費時間彙整資料。而臺灣既有有系統的環境因子資料庫，目前皆僅提供單一時間年代的資料（李培芬等 1997；許皓捷 2016），資料範圍也僅涵蓋臺灣本島與澎湖。因此本研究研究目的在有系統的彙整國內外涵蓋臺灣本島與離島完整時空範圍的環境資訊，並以GIS常見資料格式建構高解析度且長期多時序的環境因子資料集，並提供資料集直接下載連結，便於臺灣環境、氣候變遷與生態學相關研究者研究應用。

材料與方法

一、檔案格式

以ESRI shapefile格式 (Environmental Systems Research Institute shapefile)提供，空間解析度為1 km。為便於電腦讀取與分析使用，同時將資料轉換為GeoTIFF (Georeferenced Tagged Image File Format)具備地理坐標的影像格式，以及ASCII格式 (American Standard Code for Information Interchange)的資料矩陣，共三種檔案類型。

二、研究範圍

涵蓋臺灣主要陸域範圍，缺值以-9999表示。投影坐標採用1997臺灣大地基準 (Taiwan Datum 1997, TWD97)，投影方式為橫麥卡托投影經差二度分帶 (Two Degree Zone Transverse Mercator Projection, TM2)，並依據內政部訂定之國家坐標系統分為兩套坐標系統：

(一)、TWD97/TM2 Zone 119：以中央子午線東經119度為中心，為便於辨識亦常使用歐洲石油測量組織編碼EPSG: 3825 (European Petroleum Survey Group)。離島島群，包含馬祖列島、金門群島、澎湖群島與東沙群島，坐標範圍X軸6000 - 403000，Y軸2276000 - 2922000，網格數2,945格。東沙群島原應屬中央子午線東經117度，但為便於資料庫使用，亦合併於東經119度。

(二)、TWD97/TM2 Zone 121：以中央子午線東經121度為中心，EPSG: 3826，臺灣本島與鄰近離島，包含臺灣本島、琉球嶼、北方三島、龜山島、綠島與蘭嶼，坐標範圍X軸143000 - 364000，Y軸2420000 - 2839000，網格數40,254格。

三、開放資料庫盤點

盤點全球地形、氣候、土地覆蓋環境因子開放資料集，比較資料提供所涵蓋之研究範圍、時間、頻度與解析度之後，從6個地形因子資料集中選定涵蓋範圍包含臺灣本島與各離島，且從解析度最高中的3個

資料集中選擇ASTER GDEM v.2資料集 (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model Version 2, <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>; Tachikawa *et al.* 2011); 從臺灣與全球提供之5個氣候資料集中選用時間範圍涵蓋最廣, 於2017年發布的CHELSA v.1.2資料集 (Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas Version 1.2, <http://chelsa-climate.org/>; Karger *et al.* 2017); 土地覆蓋資料則從3個全球土地覆蓋資料集之中選用提供資料涵蓋時間最早且解析度最高的歐洲太空總署的氣候變遷計畫的全球歷年土地覆蓋資料集 (European Space Agency Climate Change Initiative Land Cover Maps Version 2.0.7, ESA CCI LC maps, <https://www.esa-landcover-cci.org/>; Li *et al.* 2018) (附錄1)。ASTER GDEM v.2、CHELSA v.1.2以及ESA CCI LC maps資料集均屬於網格式 (raster)資料, 資料解析度換算公式詳列於文後「環境因子運算說明」。

其他類資訊主要圖資來源為TGOS平台與政府資料開放平臺, 採用交通部(2016)發布之全國交通路網數值圖、行政院農業委員會林務局(2016)林道圖與內政部營建署(2014)發布之自然與人工海岸線示意圖, 前述三項圖資皆屬向量式 (vector)的線 (polyline)資料。

前述資料集使用的坐標系統與解析度不相同, 不同資料集間包含網格與向量資料無法疊合, 更難以直接彙整使用。因此我們使用 GRASS GIS (Geographic

Resources Analysis Support System vision 7.4.0) 的 `r.resamp.stats` 功能依劃分面積比例加權重新取樣, 將不同來源的環境因子的解析度皆轉換為解析度1 km的網格系統, 並分別設定投影坐標至TWD97/TM2 Zone 121與TWD97/TM2 Zone 119。

四、環境因子運算說明

(一)、地形因子

地形相關之因子共8個, 包含平均海拔、最高海拔、最低海拔、海拔跨幅、海拔變化、坡度、坡向與日射量。地形資料原始海拔數值取自ASTER GDEM v.2資料集 (Tachikawa *et al.* 2011), 此資料集範圍從北緯83度至南緯83度, 涵蓋全球99%陸域範圍, 解析度為1秒 (約30 m)。

1. 平均海拔 (Mean of Elevation, ELE): 海拔高度的平均值, 單位m。
2. 最高海拔 (Maximum Elevation, ELEMAX): 海拔高度的最大值, 單位m。
3. 最低海拔 (Minimum Elevation, ELEMIN): 海拔高度的最小值, 單位m。
4. 海拔跨幅 (Elevation Range, ELERA): 海拔高度的跨幅, ELEMAX與ELEMIN的差值, 單位m。
5. 海拔變化 (Standard Deviation of Elevation, ELES D): 海拔高度的標準差, 用以表示海拔高度的變異程度, 單位m。
6. 坡度 (Slope): 相鄰網格間的數值變異程度, 用以表示地表的陡緩程度, 單

位degree。

7. 坡向 (Aspect): 相鄰網格之間數值變化程度最大的方向(下坡方向), 用以表示地表坡度的方向, 正北為0, 順時鐘轉360度再回到北方, 與鄰近網格高度無差異、不具任何方向性的平坦區域以-1表示, 單位degree。
8. 日射量 (Area Solar Radiation, ASR): 全年日照平均值, 單位kWh/m²。

以下氣候與土地覆蓋因子, 分別依原始資料來源時間建立1970、1980、1990、2000與2010年代等多時序資料集。

(二)、氣候因子

與氣候有關的因子共79個, 主要為每月平均最高溫、每月月均溫、每月平均最低溫、每月平均日溫差、每月月降水量的60個氣候變數與19個生物氣候變數(bioclimatic variables; O'Donnell and Ignizio 2012)。溫度與雨量原始資料來源取自CHELSA (Karger *et al.* 2017)為高解析度且長期的全球氣候圖層, 解析度為30秒(約1 km), 時間範圍從1979 - 2013年, 35年間每月的最低溫、最高溫、月均溫與月雨量圖層。依據CHELSA氣候資料集, 分為5個年代, 依序為1970、1980、1990、2000與2010年代, 將同年代的各月溫度及雨量資料取平均值, 得出各年代的氣候變數。並依據前述資料, 參考WorldClim (Global Climate Data; <http://www.worldclim.org>)之定義, 以R version 3.5.1 (R Core Team 2018)的dismo套件(Hijmans *et al.* 2017)中的biovars函數, 得出各年代19個生物氣候變數(Bio01-19)。

溫度 (Temperature):

1. 月均溫 (Monthly mean of daily mean temperature, Temp): 一月至十二月每一個月之平均每日均溫, 總共12個月份的月均溫圖層 (Temp01-12), 單位°C。
2. 月高溫 (Monthly mean of daily maximum temperature, Tmax): 一月至十二月每一個月份之平均每日最高溫, 總共12個月份的平均最高溫圖層 (Tmax01-12), 單位°C。
3. 月低溫 (Monthly mean of daily minimum temperature, Tmin): 一月至十二月每一個月份之平均每日最低溫, 總共12個月份的平均最低溫圖層 (Tmin01-12), 單位°C。
4. 每月平均日溫差 (Range of maximum and minimum monthly temperature, Tra): 一月至十二月每一個月份之平均每日溫差, 總共12個月份的平均日溫差圖層 (Tra01-12), 單位°C。

降水量 (Precipitation):

5. 月降水量 (Monthly precipitation sums, Prec): 一月至十二月每一個月份之月降水量, 總共12個月份的月降水量圖層 (Prec01-12), 單位 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables):

6. 年均溫 (Annual Mean Temperature, Bio01; formula 1): 全年12個月份月均溫之平均值, 單位°C。

$$\text{Bio01} = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{Temp}_i}{12} \quad (\text{formula 1})$$

7. 平均日溫差 (Mean Diurnal Range,

Bio02; formula 2)：全年12個月份平均日溫差之平均值，每月平均日溫差為當月高溫與當月低溫之差值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio02} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} (Tmax_i - Tmin_i)}{12} \quad (\text{formula 2})$$

8. 溫度恆定性 (Isothermality, Bio03; formula 3)：平均日溫差除以年溫差 (Bio2 / Bio7) x 100，單位%。

$$\text{Bio03} = \frac{\text{Bio02}}{\text{Bio07}} \times 100 \quad (\text{formula 3})$$

9. 溫度季節性 (Temperature Seasonality, Bio04; formula 4)：全年12個月份平均月均溫之標準差，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio04} = SD\{Temp_1, \dots, Temp_{12}\} \quad (\text{formula 4})$$

10. 最暖月份之最高溫 (Max Temperature of Warmest Month, Bio05; formula 5)：12個月份中，月高溫之最大值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio05} = \max(\{Tmax_1, \dots, Tmax_{12}\}) \quad (\text{formula 5})$$

11. 最冷月份之最低溫 (Min Temperature of Coldest Month, Bio06; formula 6)：12個月份中，月低溫之最小值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio06} = \min(\{Tmin_1, \dots, Tmin_{12}\}) \quad (\text{formula 6})$$

12. 年溫差 (Temperature Annual Range, Bio07; formula 7)：最暖月份之月高溫與最冷月份之月低溫之差值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio07} = \text{Bio05} - \text{Bio06} \quad (\text{formula 7})$$

13. 最潮濕季節之平均溫度 (Mean Temperature

of Wettest Quarter, Bio08; formula 8)：連續3個月累積雨量最多月份之月均溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Q_{Prec_max} = \max \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i, \\ \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$\text{Bio08} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Temp_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Prec_max} \end{array} \right. \quad (\text{formula 8})$$

14. 最乾燥季節之平均溫度 (Mean Temperature of Driest Quarter, Bio09; formula 9)：連續3個月累積雨量最少月份之月均溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Q_{Prec_min} = \min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i, \\ \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of 3 months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$\text{Bio09} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Temp_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Prec_min} \end{array} \right. \quad (\text{formula 9})$$

15. 最溫暖季節之平均溫度 (Mean Temperature of Warmest Quarter, Bio10; formula 10)：連續3個月之月均溫最高月份之月均溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Q_{Temp_max} = \max \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$Bio10 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Temp_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp,max} \end{array} \right.$$

(formula 10)

16. 最寒冷季節之平均溫度 (Mean Temperature of Coldest Quarter, Bio11; formula 11) : 連續3個月之月均溫最低月份之月均溫, 單位°C。

$$Q_{Temp,min} = \min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} Temp_i, \\ \sum_{i=11}^{i=2} Temp_i, \\ \sum_{i=12}^{i=1} Temp_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$Bio11 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Temp_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp,min} \end{array} \right.$$

(formula 11)

17. 年降水量 (Annual Precipitation, Bio12; formula 12) : 一年的總降水量, 為一月至十二月每月降水量之加總值, 單位 mm。

$$Bio12 = \sum_{i=1}^{i=12} Prec_i \quad \text{(formula 12)}$$

18. 最潮濕月份之降水量 (Precipitation of Wettest Month, Bio13; formula 13) : 降水量最高月份之降水量, 單位 mm。

$$Bio13 = \max([Prec_1, \dots, Prec_{12}]) \quad \text{(formula 13)}$$

19. 最乾燥月份之降水量 (Precipitation of Driest Month, Bio14; formula 14) : 降水量最低月份之降水量, 單位 mm。

$$Bio14 = \min([Prec_1, \dots, Prec_{12}]) \quad \text{(formula 14)}$$

20. 降水之季節性 (Precipitation Seasonality, Bio15; formula 15) : 12個月降水量之變異係數 (Coefficient of Variation), 單位%。

$$Bio15 = \frac{SD\{Prec_1, \dots, Prec_{12}\}}{1 + (Bio12/12)} \times 100 \quad \text{(formula 15)}$$

21. 最潮濕季節之降水量 (Precipitation of Wettest Quarter, Bio16; formula 16) : 連續3個月降水量累加值最多月份之雨量, 單位 mm。

$$Bio16 = \max \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Prec_i, \\ \sum_{i=7}^{i=9} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} Prec_i, \\ \sum_{i=11}^{i=2} Prec_i, \\ \sum_{i=12}^{i=1} Prec_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

(formula 16)

22. 最乾燥季節之降水量 (Precipitation of Driest Quarter, Bio17; formula 17) : 連續3個月降水量累加值最低月份之雨量, 單位 mm。

$$Bio17 = \min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Prec_i, \\ \sum_{i=7}^{i=9} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} Prec_i, \\ \sum_{i=11}^{i=2} Prec_i, \\ \sum_{i=12}^{i=1} Prec_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

(formula 17)

23. 最溫暖季節之降水量 (Precipitation of Warmest Quarter, Bio18; formula 18) : 連續3個月均溫最高月份之降水量, 單位 mm。

$$Q_{Temp_max} = \max \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=12} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=11} Temp_i, \\ \sum_{i=2}^{i=12} Temp_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$Bio18 = \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly precipitation} \\ \text{values are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp_max} \end{array} \right.$$

(formula 18)

24. 最寒冷季節之降水量 (Precipitation of Coldest Quarter, Bio19; formula 19) : 連續3個月均溫最低月份之降水量，單位 mm。

$$Q_{Temp_min} = \min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=12} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=11} Temp_i, \\ \sum_{i=2}^{i=12} Temp_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$Bio19 = \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly precipitation} \\ \text{values are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp_min} \end{array} \right.$$

(formula 19)

(三)、土地覆蓋因子

原始資料來源取自ESA CCI LC maps (Li *et al.* 2018)，是以全球各地衛星影像與土地覆蓋資料集重新模擬分類而成，圖層原始資料空間解析度為300 m，時間尺度從1992 - 2015年，每年提供一張全球土地覆蓋圖，包含37種土地覆蓋類別（附錄2）。選取1995、2005、2015年資料作為臺灣1990、2000與2010年代代表土地覆蓋圖，並將研究範圍內涵蓋的22種土地覆蓋類型

中相似屬性者合併運算至每個1 km²網格內（詳細合併公式見附錄2），最終獲得農田、草本與草本作物（旱田）、農濕地、森林、灌叢、濕地、都市地區、裸露地與水體等9大類土地覆蓋類型，在每個1 km²網格內的面積（屬性合併規則詳附錄2）。

1. 農田 (Farm field, FF) : 包含倚賴降雨的農田以及部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）土地覆蓋類型，單位m²。
2. 草本、草本作物（旱田）(Meadow, MD) : 包含草本植物覆蓋、部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）、部分自然植被鑲嵌（樹木、灌木與草本）、草地以及部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）等土地覆蓋類型，單位m²。
3. 農濕地 (Farm Wetland, FW) : 灌溉或淹水的農田，單位m²。
4. 森林 (Forest, FO) : 闊葉林、針葉林、部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）、部分自然植被鑲嵌（樹木、灌木與草本）、部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）以及水邊與海濱樹林等土地覆蓋類型，單位m²。
5. 灌叢 (Bush, BU) : 灌叢、樹木或灌木鑲嵌、部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）、部分自然植被鑲嵌（樹木、灌木與草本）、部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）以及常綠灌叢等土地覆蓋類型，單位m²。
6. 濕地 (Wetland, WL) : 淡水、鹹水或微

鹹水具灌木或草本覆蓋區域，單位 m^2 。

7. 都市 (Urban Area, UB)：城市區域，單位 m^2 。
8. 水體 (Waterbody, WB)：水體，單位 m^2 。
9. 裸露地 (Bare Land, BL)：裸露地與部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）區域，單位 m^2 。

(四)、其他因子

1. 道路長度 (Road Length, LROAD)：道路主要資料來源為交通路網數值圖（交通部 2016），道路類型包括國道、省道（含快速公路）、縣道、鄉道、都市道路（6 m以上）、產業道路及無路名道路等既有道路，並與81條林道圖（農業委員會 2016）接合，構成完整路網圖，再計算每個 1 km^2 網格內道路長度 (m)。
2. 道路有無 (Presence/absence of Roads, PROAD)：以上述路網圖層換算各 1 km^2 網格內有無道路經過，無以0表示，1則代表網格內有道路經過。
3. 最短淡水體距離 (Nearest Distance to Fresh Water, DFW)：計算每個網格中心點距離淡水體距離 (m)，淡水體資料來源為交通路網數值圖提供之河流湖泊圖層（交通部 2016）。
4. 最短鹹水體距離 (Nearest Distance to Salt Water, DSW)：計算每個網格中心點距離海岸線距離 (m)，海岸線以2008年自然與人工海岸線示意圖（內政部營建署 2015）為基準。

結果

資料集主要分成2個子資料集：離島群島 (TWD97/TM2 Zone 119; EPSG:3825) 2,945個 1 km^2 網格，以及臺灣本島與鄰近離島 (TWD97/TM2 Zone 121; EPSG:3826) 包含40,254個 1 km^2 網格。其中包含之環境因子為8個地形因子、79個氣候因子、9個土地覆蓋因子與4個其他因子等共100項變數，其中資料含括年代不一，地形與其他因子資料僅一代表年代為2010年；氣候因子分成1970、1980、1990、2000與2010年代，共5個年代資料；土地覆蓋因子則有1990、2000與2010年代，計3個年代資料（表1）。

一、地形因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG: 3825) (附錄3圖1)

1. 平均海拔 (ELE)：0 - 148.52 m，平均值14.68 m，標準差18.5 m。
2. 最高海拔 (ELEMEX)：0 - 285 m，平均值35.51 m，標準差41.49 m。
3. 最低海拔 (ELEMEN)：0 - 66 m，平均值1.89 m，標準差5.11 m。
4. 海拔跨幅 (ELERA)：0 - 285 m，平均值33.62 m，標準差39.89 m。
5. 海拔變化 (ELES)：0 - 73.94 m，平均值8.17 m，標準差10.37 m。
6. 坡度 (Slope)：0 - 18.48°，平均值1.56°，標準差2.26°。
7. 坡向 (Aspect)：0 - 359.74°，平均值

表1. 臺灣陸域環境因子多時序資料集總表

Table 1. Summary table of the terrestrially and multi-temporally environmental dataset of Taiwan

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
海拔	ELE	地形	m					V
最高海拔	ELEMAX	地形	m					V
最低海拔	ELEMIN	地形	m					V
海拔範圍	ELERA	地形	m					V
海拔標準差	ELESD	地形	m					V
坡度	Slope	地形	degree					V
坡向	Aspect	地形	degree					V
日射量	ASR	地形	kWh/m ²					V
一月月均溫	Temp01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月月均溫	Temp02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月月均溫	Temp03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月月均溫	Temp04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月月均溫	Temp05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月月均溫	Temp06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月月均溫	Temp07	氣候	°C	V	V	V	V	V
八月月均溫	Temp08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月月均溫	Temp09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月月均溫	Temp10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月月均溫	Temp11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月月均溫	Temp12	氣候	°C	V	V	V	V	V
一月平均最高溫	Tmax01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月平均最高溫	Tmax02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月平均最高溫	Tmax03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月平均最高溫	Tmax04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月平均最高溫	Tmax05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月平均最高溫	Tmax06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月平均最高溫	Tmax07	氣候	°C	V	V	V	V	V

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
八月平均最高溫	Tmax08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月平均最高溫	Tmax09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月平均最高溫	Tmax10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月平均最高溫	Tmax11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月平均最高溫	Tmax12	氣候	°C	V	V	V	V	V
一月平均最低溫	Tmin01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月平均最低溫	Tmin02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月平均最低溫	Tmin03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月平均最低溫	Tmin04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月平均最低溫	Tmin05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月平均最低溫	Tmin06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月平均最低溫	Tmin07	氣候	°C	V	V	V	V	V
八月平均最低溫	Tmin08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月平均最低溫	Tmin09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月平均最低溫	Tmin10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月平均最低溫	Tmin11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月平均最低溫	Tmin12	氣候	°C	V	V	V	V	V
一月平均日溫差	Tra01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月平均日溫差	Tra02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月平均日溫差	Tra03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月平均日溫差	Tra04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月平均日溫差	Tra05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月平均日溫差	Tra06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月平均日溫差	Tra07	氣候	°C	V	V	V	V	V
八月平均日溫差	Tra08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月平均日溫差	Tra09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月平均日溫差	Tra10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月平均日溫差	Tra11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月平均日溫差	Tra12	氣候	°C	V	V	V	V	V

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
一月平均月降水量	Prec01	氣候	mm	V	V	V	V	V
二月平均月降水量	Prec02	氣候	mm	V	V	V	V	V
三月平均月降水量	Prec03	氣候	mm	V	V	V	V	V
四月平均月降水量	Prec04	氣候	mm	V	V	V	V	V
五月平均月降水量	Prec05	氣候	mm	V	V	V	V	V
六月平均月降水量	Prec06	氣候	mm	V	V	V	V	V
七月平均月降水量	Prec07	氣候	mm	V	V	V	V	V
八月平均月降水量	Prec08	氣候	mm	V	V	V	V	V
九月平均月降水量	Prec09	氣候	mm	V	V	V	V	V
十月平均月降水量	Prec10	氣候	mm	V	V	V	V	V
十一月平均月降水量	Prec11	氣候	mm	V	V	V	V	V
十二月平均月降水量	Prec12	氣候	mm	V	V	V	V	V
年均溫	Bio01	氣候	°C	V	V	V	V	V
平均日溫差	Bio02	氣候	°C	V	V	V	V	V
溫度恆定性	Bio03	氣候	%	V	V	V	V	V
溫度季節性	Bio04	氣候	°C	V	V	V	V	V
最暖月份的最高溫	Bio05	氣候	°C	V	V	V	V	V
最冷月份的最低溫	Bio06	氣候	°C	V	V	V	V	V
年溫差	Bio07	氣候	°C	V	V	V	V	V
最潮濕季節之平均溫度	Bio08	氣候	°C	V	V	V	V	V
最乾燥季節之平均溫度	Bio09	氣候	°C	V	V	V	V	V
最溫暖季節之平均溫度	Bio10	氣候	°C	V	V	V	V	V
最寒冷季節之平均溫度	Bio11	氣候	°C	V	V	V	V	V
年降水量	Bio12	氣候	mm	V	V	V	V	V
最潮濕月份之降水量	Bio13	氣候	mm	V	V	V	V	V
最乾燥月份之降水量	Bio14	氣候	mm	V	V	V	V	V
降水之季節性	Bio15	氣候	%	V	V	V	V	V
最潮濕季節之降水量	Bio16	氣候	mm	V	V	V	V	V
最乾燥季節之降水量	Bio17	氣候	mm	V	V	V	V	V

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
最溫暖季節之降水量	Bio18	氣候	mm	V	V	V	V	V
最寒冷季節之降水量	Bio19	氣候	mm	V	V	V	V	V
農田	FF	土地覆蓋	m ²			V	V	V
草本、草本作物（旱田）	MD	土地覆蓋	m ²			V	V	V
農濕地	FW	土地覆蓋	m ²			V	V	V
森林	FO	土地覆蓋	m ²			V	V	V
灌叢	BU	土地覆蓋	m ²			V	V	V
濕地	WL	土地覆蓋	m ²			V	V	V
都市	UB	土地覆蓋	m ²			V	V	V
水體	WB	土地覆蓋	m ²			V	V	V
裸露地	BL	土地覆蓋	m ²			V	V	V
道路長度	LROAD	其他人文地理	m					V
道路有無	PROAD	其他人文地理	--					V
最短淡水體距離	DFW	其他人文地理	m					V
最短鹹水體距離	DSW	其他人文地理	m					V

180.14°，標準差105.74°。

8. 日射量 (ASR) : 1464.27 - 1598.14 kWh/m²，平均值1555.96 kWh/m²，標準差13.35 kWh/m²。

(二)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826)
(附錄3圖2)

1. 平均海拔 (ELE) : 0 - 3663.93 m，平均值756.25 m，標準差837.28 m。
2. 最高海拔 (ELEMAL) : 0 - 3897 m，平均值916.7 m，標準差929.84 m。
3. 最低海拔 (ELEMAL) : -15 - 3400 m，平均值607.9 m，標準差739.64 m。
4. 海拔跨幅 (ELERA) : 0 - 1444 m，平均

值308.7 m，標準差248.13 m。

5. 海拔變化 (ELES) : 0 - 332.96 m，平均值70.59 m，標準差59.04 m。
6. 坡度 (Slope) : 0 - 49.47°，平均值18.33°，標準差11.70°。
7. 坡向 (Aspect) : 0 - 360°，平均值200.12°，標準差102.43°。
8. 日射量 (ASR) : 1010.28 - 2175.36 kWh/m²，平均值1578.50 kWh/m²，標準差117.65 kWh/m²。

二、氣候因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG:

3825)**1970年代 (1979年)****溫度 (Temperature) :**

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 13.48 - 30.65°C, 平均值23.61°C, 標準差4.61°C。(附錄3圖3.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 13.68 - 30.85°C, 平均值23.74°C, 標準差4.58°C。(附錄3圖3.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 13.28 - 30.45°C, 平均值23.47°C, 標準差4.63°C。(附錄3圖3.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0 - 0.6°C, 平均值0.26°C, 標準差0.14°C。(附錄3圖3.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖3.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 0.01 - 433.1 mm, 平均值77.72 mm, 標準差81.07 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :

(附錄3圖3.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 20.58 - 26.15°C, 平均值22.89°C, 標準差1.07°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.15 - 0.5°C, 平均值0.31°C, 標準差0.13°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.38 - 3.49%, 平均值2.36%, 標準差0.72%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 292.89 - 604.89°C, 平均值476.88°C, 標準差73.68°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 29.06 - 30.85°C, 平均值29.87°C, 標準差0.56°C。

11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 13.28 - 22.35°C, 平均值16.84°C, 標準差1.91°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8 - 16.7°C, 平均值13.03°C, 標準差2.19°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 17.82 - 29.69°C, 平均值24.29°C, 標準差3.41°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 18.31 - 22.55°C, 平均值20.87°C, 標準差1.24°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 28.19 - 29.69°C, 平均值29.01°C, 標準差0.32°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 13.98 - 22.55°C, 平均值17.5°C, 標準差1.82°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 643.63 - 1676.68 mm, 平均值932.6 mm, 標準差263.43 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 243.31 - 433.1 mm, 平均值288.83 mm, 標準差31.8 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 0.01 - 6.71 mm, 平均值0.62 mm, 標準差1.3 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 85.65 - 130.04%, 平均值105.94%, 標準差15.31%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 376.24 - 989.89 mm, 平均值486.74 mm, 標準差119.54 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 24.76 -

101.79 mm，平均值40.81 mm，標準差16.15 mm。

23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 124.02 - 989.89 mm，平均值235.77 mm，標準差114.01 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 34 - 501.62 mm，平均值167.41 mm，標準差141.68 mm。

(二)、1980年代 (1980 - 1989年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 11.32 - 30.25°C，平均值23.64°C，標準差5.13°C。(附錄3圖4.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 11.51 - 30.48°C，平均值23.77°C，標準差5.11°C。(附錄3圖4.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 11.13 - 30.03°C，平均值23.50°C，標準差5.16°C。(附錄3圖4.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.06 - 0.60°C，平均值0.26°C，標準差0.12°C。(附錄3圖4.4)

降水量 (Precipitation) :

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 5.79 - 254.93 mm，平均值92.14 mm，標準差56.13 mm。(附錄3圖4.5)

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖4.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 20.32 - 26.12°C，平均值22.94°C，標準差1.24°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.16 - 0.52°C，平均值0.31°C，標準差0.12°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.26 - 3.29%，

平均值2.10%，標準差0.62%。

9. 溫度季節性 (Bio04) : 328.05 - 676.85°C，平均值537.64°C，標準差83.81°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 28.82 - 30.49°C，平均值29.76°C，標準差0.36°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 11.13 - 21.16°C，平均值15.35°C，標準差2.33°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8.84 - 18.47°C，平均值14.41°C，標準差2.40°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 18.12 - 29.53°C，平均值24.12°C，標準差3.91°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 14.65 - 23.19°C，平均值20.81°C，標準差2.64°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 27.99 - 29.66°C，平均值29.02°C，標準差0.35°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 12.21 - 21.71°C，平均值16.12°C，標準差2.15°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 899.40 - 1514.23 mm，平均值1105.68 mm，標準差165.49 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 143.21 - 254.93 mm，平均值173.87 mm，標準差20.22 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 5.79 - 29.25 mm，平均值10.89 mm，標準差6.28 mm。

20. 降水之季節性 (Bio15) : 50.61 - 81.46% , 平均值61.02% , 標準差4.58%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 363.13 - 708.94 mm , 平均值457.77 mm , 標準差72.38 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 54.38 - 151.29 mm , 平均值78.82 mm , 標準差25.24 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 327.96 - 678.74 mm , 平均值370.30 mm , 標準差37.69 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 67.88 - 379.26 mm , 平均值124.46 mm , 標準差47.30 mm。

(三)、1990年代 (1990 - 1999年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 12.18 - 30.03°C , 平均值24.02°C , 標準差4.77°C。(附錄3圖5.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 12.38 - 30.24°C , 平均值24.15°C , 標準差4.74°C。(附錄3圖5.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 11.98 - 29.83°C , 平均值23.89°C , 標準差4.80°C。(附錄3圖5.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.06 - 0.63°C , 平均值0.26°C , 標準差0.12°C。(附錄3圖5.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖5.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 8.33 - 325.12 mm , 平均值89.78 mm , 標準差59.79 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖5.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 20.80 - 26.39°C , 平均值23.35°C , 標準差1.20°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.15 - 0.52°C , 平均值0.31°C , 標準差0.12°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.32 - 3.46% , 平均值2.23% , 標準差0.64%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 299.04 - 638.90°C , 平均值496.68°C , 標準差83.60°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 28.87 - 30.24°C , 平均值29.66°C , 標準差0.30°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 11.98 - 21.90°C , 平均值16.11°C , 標準差2.32°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8.09 - 17.57°C , 平均值13.54°C , 標準差2.38°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 28.03 - 29.72°C , 平均值29.02°C , 標準差0.30°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 15.98 - 22.76°C , 平均值20.33°C , 標準差1.01°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 28.08 - 29.72°C , 平均值29.02°C , 標準差0.30°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 13.16 - 22.44°C , 平均值17.07°C , 標準差2.15°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 875.03 - 1670.43 mm , 平均值1077.41 mm , 標準差

- 178.02 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 148.57 - 325.12 mm, 平均值190.09 mm, 標準差40.13 mm。
 19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 8.33 - 29.92 mm, 平均值13.22 mm, 標準差3.96 mm。
 20. 降水之季節性 (Bio15) : 58.45 - 87.55%, 平均值65.76%, 標準差4.53%。
 21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 382.44 - 800.90 mm, 平均值483.67 mm, 標準差85.64 mm。
 22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 48.73 - 121.86 mm, 平均值64.56 mm, 標準差12.09 mm。
 23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 382.44 - 800.90 mm, 平均值479.19 mm, 標準差78.43 mm。
 24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 66.62 - 318.87 mm, 平均值147.59 mm, 標準差46.04 mm。

(四)、2000年代 (2000 - 2009年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 12.43 - 30.29°C, 平均值24.22°C, 標準差4.77°C。(附錄3圖6.1)
 2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 12.63 - 30.53°C, 平均值24.35°C, 標準差4.74°C。(附錄3圖6.2)
 3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 12.23 - 30.06°C, 平均值24.08°C, 標準差4.80°C。(附錄3圖6.3)
 4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.06 - 0.64°C, 平均值0.27°C, 標準差0.13°C。(附錄3圖6.4)
- 降水量 (Precipitation) : (附錄3圖6.5)
5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 12.68 - 342.86 mm, 平均值119.98 mm, 標準差91.08 mm。
- 生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖6.6)
6. 年均溫 (Bio01) : 21.13 - 26.53°C, 平均值23.56°C, 標準差1.15°C。
 7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.16 - 0.54°C, 平均值0.32°C, 標準差0.13°C。
 8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.35 - 3.48%, 平均值2.27%, 標準差0.70%。
 9. 溫度季節性 (Bio04) : 302.07 - 638.77°C, 平均值499.43°C, 標準差84.54°C。
 10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 29.04 - 30.53°C, 平均值29.81°C, 標準差0.36°C。
 11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 12.23 - 21.75°C, 平均值16.07°C, 標準差2.20°C。
 12. 年溫差 (Bio07) : 8.37 - 17.65°C, 平均值13.75°C, 標準差2.35°C。
 13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 28.10 - 29.65°C, 平均值29.08°C, 標準差0.31°C。
 14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 15.51 - 22.78°C, 平均值19.96°C, 標準差2.03°C。
 15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) :

28.34 - 29.78°C，平均值29.16°C，標準差0.29°C。

16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11)：13.42 - 22.53°C，平均值17.17°C，標準差2.08°C。
17. 年降水量 (Bio12)：1284.68 - 1779.30 mm，平均值1439.76 mm，標準差73.19 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13)：209.18 - 342.86 mm，平均值271.93 mm，標準差32.42 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14)：12.68 - 64.82 mm，平均值31.37 mm，標準差10.52 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15)：45.66 - 98.44%，平均值76.36%，標準差15.33%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16)：532.50 - 991.04 mm，平均值750.81 mm，標準差125.28 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17)：51.54 - 216.03 mm，平均值107.49 mm，標準差31.09 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18)：447.78 - 867.14 mm，平均值637.69 mm，標準差127.79 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19)：72.28 - 273.87 mm，平均值119.01 mm，標準差35.92 mm。

(五)、2010年代 (2010 - 2013年)

溫度 (Temperature)：

1. 月均溫 (Temp01 - 12)：11.25 - 30.37°C，平均值23.96°C，標準差

5.04°C。(附錄3圖7.1)

2. 月高溫 (Tmax01 - 12)：11.42 - 30.59°C，平均值24.10°C，標準差5.02°C。(附錄3圖7.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12)：11.07 - 30.14°C，平均值23.82°C，標準差5.07°C。(附錄3圖7.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12)：0.10 - 0.65°C，平均值0.27°C，標準差0.13°C。(附錄3圖7.4)

降水量 (Precipitation)：(附錄3圖7.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12)：12.46 - 295.05 mm，平均值112.80 mm，標準差69.50 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables)：(附錄3圖7.6)

6. 年均溫 (Bio01)：20.68 - 26.49°C，平均值23.25°C，標準差1.23°C。
7. 平均日溫差 (Bio02)：0.18 - 0.54°C，平均值0.32°C，標準差0.13°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03)：1.30 - 3.23%，平均值2.10%，標準差0.64%。
9. 溫度季節性 (Bio04)：307.38 - 673.74°C，平均值528.44°C，標準差91.78°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05)：29.24 - 30.62°C，平均值29.85°C，標準差0.38°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06)：11.07 - 21.60°C，平均值15.11°C，標準差2.35°C。
12. 年溫差 (Bio07)：8.57 - 18.78°C，平均值14.74°C，標準差2.52°C。

13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 22.66 - 29.77°C, 平均值27.41°C, 標準差2.30°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 13.08 - 23.87°C, 平均值18.45°C, 標準差2.94°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 28.44 - 29.88°C, 平均值29.25°C, 標準差0.31°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 12.52 - 22.44°C, 平均值16.41°C, 標準差2.22°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1217.85 - 1826.37 mm, 平均值1353.57 mm, 標準差94.19 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 197.09 - 295.05 mm, 平均值231.23 mm, 標準差16.22 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 12.46 - 69.45 mm, 平均值29.66 mm, 標準差12.86 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 40.26 - 80.88%, 平均值62.98%, 標準差9.95%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 510.90 - 768.79 mm, 平均值623.16 mm, 標準差47.37 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 49.35 - 332.22 mm, 平均值140.81 mm, 標準差57.97 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 308.60 - 767.02 mm, 平均值443.30 mm, 標準差101.74 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 81.86 - 340.09 mm, 平均值151.28 mm, 標準差57.54 mm。
- (六)、**TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826)**
1970年代 (1979年)
溫度 (Temperature) :
1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.69 - 30.90°C, 平均值20.31°C, 標準差5.97°C。(附錄3圖8.1)
 2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : -0.39 - 31.20°C, 平均值20.53°C, 標準差5.94°C。(附錄3圖8.2)
 3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -0.99 - 30.65°C, 平均值20.09°C, 標準差6.00°C。(附錄3圖8.3)
 4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.80°C, 平均值0.45°C, 標準差0.12°C。(附錄3圖8.4)
- 降水量 (Precipitation) : (附錄3圖8.5)**
5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 0.00 - 920.59 mm, 平均值146.98 mm, 標準差165.02 mm。
- 生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :**
(附錄3圖8.6)
6. 年均溫 (Bio01) : 4.39 - 26.07°C, 平均值20.06°C, 標準差4.55°C。
 7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.60°C, 平均值0.45°C, 標準差0.09°C。
 8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.48 - 5.69%, 平均值3.93%, 標準差0.87%。
 9. 溫度季節性 (Bio04) : 271.26 - 510.97°C, 平均值403.39°C, 標準差

- 57.70°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 10.60 - 31.20°C, 平均值26.41°C, 標準差4.51°C。
 11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -0.99 - 22.42°C, 平均值14.66°C, 標準差4.62°C。
 12. 年溫差 (Bio07) : 7.70 - 14.40°C, 平均值11.75°C, 標準差1.59°C。
 13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 9.29 - 29.41°C, 平均值25.02°C, 標準差4.56°C。
 14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : -0.10 - 24.42°C, 平均值16.63°C, 標準差5.21°C。
 15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.29 - 29.41°C, 平均值25.10°C, 標準差4.61°C。
 16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : -0.10 - 22.72°C, 平均值15.36°C, 標準差4.54°C。
 17. 年降水量 (Bio12) : 901.05 - 3675.02 mm, 平均值1763.76 mm, 標準差428.84 mm。
 18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 212.57 - 920.59 mm, 平均值542.33 mm, 標準差135.50 mm。
 19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 0.00 - 92.59 mm, 平均值12.53 mm, 標準差17.12 mm。
 20. 降水之季節性 (Bio15) : 57.84 - 163.53%, 平均值113.05%, 標準差24.43%。
 21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 399.63 - 1857.98 mm, 平均值1037.10 mm, 標準差241.31 mm。
 22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 25.77 - 318.55 mm, 平均值94.25 mm, 標準差58.58 mm。
 23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 324.69 - 1716.38 mm, 平均值876.91 mm, 標準差238.09 mm。
 24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 32.67 - 588.43 mm, 平均值114.69 mm, 標準差92.76 mm。
- (七)、1980年代 (1980 - 1989年)
- 溫度 (Temperature) :
1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.90 - 30.46°C, 平均值20.43°C, 標準差6.35°C。(附錄3圖9.1)
 2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : -0.63 - 30.73°C, 平均值20.65°C, 標準差6.32°C。(附錄3圖9.2)
 3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -1.17 - 30.23°C, 平均值20.20°C, 標準差6.38°C。(附錄3圖9.3)
 4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.70°C, 平均值0.45°C, 標準差0.11°C。(附錄3圖9.4)
- 降水量 (Precipitation) : (附錄3圖9.5)
5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 4.83 - 574.36 mm, 平均值164.41 mm, 標準差117.69 mm。
- 生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :

(附錄3圖9.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 4.53 - 26.18°C , 平均值20.18°C , 標準差4.56°C 。
 7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.61°C , 平均值0.46°C , 標準差0.09°C 。
 8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.40 - 6.03% , 平均值3.69% , 標準差0.85% 。
 9. 溫度季節性 (Bio04) : 302.48 - 567.55°C , 平均值459.83°C , 標準差63.00°C 。
 10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 9.98 - 30.72°C , 平均值26.08°C , 標準差4.64°C 。
 11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -1.17 - 21.47°C , 平均值13.41°C , 標準差4.39°C 。
 12. 年溫差 (Bio07) : 8.32 - 15.39°C , 平均值12.67°C , 標準差1.68°C 。
 13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 9.28 - 29.53°C , 平均值24.92°C , 標準差4.65°C 。
 14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 0.82 - 24.22°C , 平均值16.09°C , 標準差5.17°C 。
 15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.45 - 29.77°C , 平均值25.35°C , 標準差4.62°C 。
 16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : -0.56 - 22.03°C , 平均值14.14°C , 標準差4.43°C 。
 17. 年降水量 (Bio12) : 1151.81 - 3630.39 mm , 平均值1972.93 mm , 標準差449.30 mm 。
 18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 204.82 - 574.36 mm , 平均值356.33 mm , 標準差73.13 mm 。
 19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 4.83 - 134.08 mm , 平均值33.77 mm , 標準差27.03 mm 。
 20. 降水之季節性 (Bio15) : 31.51 - 114.40% , 平均值71.79% , 標準差19.05% 。
 21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 537.60 - 1412.20 mm , 平均值903.64 mm , 標準差161.67 mm 。
 22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 39.58 - 489.02 mm , 平均值143.93 mm , 標準差96.19 mm 。
 23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 461.56 - 1400.24 mm , 平均值850.83 mm , 標準差163.49 mm 。
 24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 39.58 - 576.30 mm , 平均值182.05 mm , 標準差111.24 mm 。
- (八)、1990年代 (1990 - 1999年)
溫度 (Temperature) :
1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.61 - 30.26°C , 平均值20.71°C , 標準差6.11°C 。（附錄3圖10.1）
 2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : -0.32 - 30.49°C , 平均值20.94°C , 標準差6.08°C 。（附錄3圖10.2）
 3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -0.91 - 30.06°C , 平均值20.48°C , 標準差

6.14°C。(附錄3圖10.3)

4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.74°C, 平均值0.46°C, 標準差0.11°C。(附錄3圖10.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖10.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 6.96 - 674.91 mm, 平均值167.03 mm, 標準差129.38 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖10.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 4.75 - 26.38°C, 平均值20.46°C, 標準差4.58°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.63°C, 平均值0.47°C, 標準差0.09°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.48 - 6.41%, 平均值4.06%, 標準差0.94%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 277.20 - 530.29°C, 平均值420.20°C, 標準差61.56°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 9.76 - 30.47°C, 平均值25.87°C, 標準差4.66°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -0.91 - 22.04°C, 平均值14.04°C, 標準差4.51°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 7.71 - 14.72°C, 平均值11.83°C, 標準差1.68°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 8.88 - 29.68°C, 平均值24.99°C, 標準差4.77°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 1.36 - 24.31°C, 平均值16.72°C, 標準差

4.75°C。

15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.27 - 29.71°C, 平均值25.27°C, 標準差4.65°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : -0.04 - 22.59°C, 平均值14.98°C, 標準差4.51°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1200.22 - 3777.70 mm, 平均值2004.39 mm, 標準差443.76 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 230.12 - 674.91 mm, 平均值386.53 mm, 標準差75.84 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 6.96 - 128.81 mm, 平均值30.78 mm, 標準差22.82 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 33.97 - 119.81%, 平均值77.44%, 標準差20.36%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 623.12 - 1681.98 mm, 平均值1021.94 mm, 標準差200.31 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 31.48 - 433.55 mm, 平均值118.91 mm, 標準差83.30 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 464.05 - 1681.98 mm, 平均值991.16 mm, 標準差218.02 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 45.79 - 644.34 mm, 平均值178.69 mm, 標準差106.68 mm。

(九)、2000年代 (2000 - 2009年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.18 - 30.42°C, 平均值20.95°C, 標準差6.05°C。(附錄3圖11.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 0.09 - 30.62°C, 平均值21.18°C, 標準差6.02°C。(附錄3圖11.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -0.45 - 30.22°C, 平均值20.72°C, 標準差6.08°C。(附錄3圖11.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.76°C, 平均值0.46°C, 標準差0.11°C。(附錄3圖11.4)

降水量 (Precipitation) :(附錄3圖11.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 16.42 - 695.91 mm, 平均值200.62 mm, 標準差143.34 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :
(附錄3圖11.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 5.18 - 26.36°C, 平均值20.70°C, 標準差4.54°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.63°C, 平均值0.47°C, 標準差0.09°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.51 - 6.46%, 平均值4.01%, 標準差0.92%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 279.74 - 525.16°C, 平均值417.36°C, 標準差59.89°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 10.07 - 30.62°C, 平均值26.05°C, 標準差4.62°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -0.45 -

21.87°C, 平均值14.15°C, 標準差4.41°C。

12. 年溫差 (Bio07) : 7.77 - 14.68°C, 平均值11.91°C, 標準差1.67°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 9.36 - 29.55°C, 平均值24.96°C, 標準差4.63°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 0.56 - 29.51°C, 平均值15.83°C, 標準差4.71°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.43 - 29.78°C, 平均值25.35°C, 標準差4.63°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 0.56 - 22.57°C, 平均值15.28°C, 標準差4.40°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1681.35 - 4078.04 mm, 平均值2407.41 mm, 標準差468.13 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 260.01 - 695.91 mm, 平均值452.16 mm, 標準差80.31 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 16.42 - 229.34 mm, 平均值68.35 mm, 標準差46.27 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 31.54 - 111.70%, 平均值71.32%, 標準差23.14%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 684.42 - 1921.77 mm, 平均值1179.26 mm, 標準差221.17 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 53.43 -

748.26 mm，平均值235.75 mm，標準差160.15 mm。

23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18)：563.48 - 1921.77 mm，平均值1088.38 mm，標準差272.98 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19)：64.48 - 794.21 mm，平均值245.66 mm，標準差164.94 mm。

(十)、2010年代 (2010 - 2013年)

溫度 (Temperature)：

1. 月均溫 (Temp01 - 12)：-0.03 - 30.37°C，平均值20.81°C，標準差6.14°C。(附錄3圖12.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12)：0.19 - 30.57°C，平均值21.03°C，標準差6.11°C。(附錄3圖12.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12)：-0.26 - 30.17°C，平均值20.59°C，標準差6.16°C。(附錄3圖12.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12)：0.20 - 0.75°C，平均值0.44°C，標準差0.11°C。(附錄3圖12.4)

降水量 (Precipitation)：(附錄3圖12.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12)：7.29 - 700.38 mm，平均值221.19 mm，標準差130.90 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables)：
(附錄3圖12.6)

6. 年均溫 (Bio01)：5.09 - 26.29°C，平均值20.57°C，標準差4.52°C。
7. 平均日溫差 (Bio02)：0.20 - 0.61°C，平均值0.45°C，標準差0.09°C。

8. 溫度恆定性 (Bio03)：1.46 - 6.45%，平均值3.74%，標準差0.89%。
9. 溫度季節性 (Bio04)：288.21 - 550.62°C，平均值432.06°C，標準差64.58°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05)：9.85 - 30.57°C，平均值25.91°C，標準差4.66°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06)：-0.26 - 21.47°C，平均值13.68°C，標準差4.25°C。
12. 年溫差 (Bio07)：8.02 - 15.37°C，平均值12.23°C，標準差1.80°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08)：6.34 - 29.70°C，平均值24.00°C，標準差5.21°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09)：0.67 - 29.67°C，平均值16.51°C，標準差5.40°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10)：9.46 - 29.91°C，平均值25.43°C，標準差4.64°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11)：0.49 - 22.38°C，平均值14.92°C，標準差4.33°C。
17. 年降水量 (Bio12)：1488.14 - 5241.46 mm，平均值2654.25 mm，標準差739.14 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13)：265.56 - 700.38 mm，平均值416.55 mm，標準差80.17 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14)：7.29 -

- 285.30 mm，平均值83.76 mm，標準差60.03 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15)：26.15 - 98.16%，平均值56.73%，標準差20.71%。
 21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16)：683.36 - 1626.28 mm，平均值1083.60 mm，標準差193.40 mm。
 22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17)：50.75 - 1047.57 mm，平均值326.86 mm，標準差222.87 mm。
 23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18)：553.06 - 1626.28 mm，平均值1021.77 mm，標準差194.58 mm。
 24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19)：83.58 - 1305.34 mm，平均值406.07 mm，標準差285.03 mm。

三、土地覆蓋因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG: 3825)

1990年代(1995年) (附錄3圖13)

1. 農田 (FF)：0 - 907737.6 m²，平均值36047.92 m²，標準差119611.77 m²。
2. 草本、草本作物(旱田) (MD)：0 - 932369.2 m²，平均值12797.05 m²，標準差69981.13 m²。
3. 農濕地 (FW)：0 - 1000000 m²，平均值26761.38 m²，標準差109276.34 m²。
4. 森林 (FO)：0 - 1000000 m²，平均值12856.45 m²，標準差69163.91 m²。
5. 濕地 (WL)：0 - 158445 m²，平均值

386.12 m²，標準差5736.7 m²。

6. 都市 (UB)：0 - 423447.4 m²，平均值1342.36 m²，標準差15652.07 m²。
7. 水體 (WB)：0 - 1000000 m²，平均值893739.1 m²，標準差252729.59 m²。
8. 灌叢 (BU)：0 - 173548.9 m²，平均值2639.01 m²，標準差13605.86 m²。
9. 裸露地 (BL)：0 - 129618.8 m²，平均值151.48 m²，標準差3675.49 m²。

(二)、2000年代(2005年) (附錄3圖14)

1. 農田 (FF)：0 - 907737.6 m²，平均值35517.74 m²，標準差117729.57 m²。
2. 草本、草本作物(旱田) (MD)：0 - 932369.2 m²，平均值12213.48 m²，標準差65801.86 m²。
3. 農濕地 (FW)：0 - 1000000 m²，平均值27711.84 m²，標準差110443.49 m²。
4. 森林 (FO)：0 - 975542 m²，平均值13428.21 m²，標準差70169.16 m²。
5. 濕地 (WL)：0 - 270823.5 m²，平均值683.14 m²，標準差8614.05 m²。
6. 都市 (UB)：0 - 772893.6 m²，平均值4312.55 m²，標準差38197.79 m²。
7. 水體 (WB)：0 - 1000000 m²，平均值889937.26 m²，標準差258849.31 m²。
8. 灌叢 (BU)：0 - 183672.7 m²，平均值2765.24 m²，標準差13824.07 m²。
9. 裸露地 (BL)：0 - 129618.8 m²，平均值151.48 m²，標準差3675.49 m²。

(三)、2010年代(2015年) (附錄3圖15)

1. 農田 (FF)：0 - 907737.6 m²，平均值34071.26 m²，標準差113233.01 m²。

2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 - 859367.7 m²，平均值11438.19 m²，標準差60556.78 m²。
3. 農濕地（FW）：0 - 933747.2 m²，平均值26880.19 m²，標準差107491.81 m²。
4. 森林（FO）：0 - 975542 m²，平均值13306.44 m²，標準差68919.79 m²。
5. 濕地（WL）：0 - 270823.5 m²，平均值801.95 m²，標準差9623.46 m²。
6. 都市（UB）：0 - 772893.6 m²，平均值7995.58 m²，標準差48311.05 m²。
7. 水體（WB）：0 - 1000000 m²，平均值889372.92 m²，標準差259450.68 m²。
8. 灌叢（BU）：0 - 183672.7 m²，平均值2702.87 m²，標準差13666.19 m²。
9. 裸露地（BL）：0 - 129618.8 m²，平均值151.48 m²，標準差3675.49 m²。

(四)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826)

1990年代（1995年）（附錄3圖16）

1. 農田（FF）：0 - 1000000 m²，平均值115160.1 m²，標準差214430.4 m²。
2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 - 1000000 m²，平均值71392.88 m²，標準差177664.2 m²。
3. 農濕地（FW）：0 - 1000000 m²，平均值81735.28 m²，標準差216563.4 m²。
4. 森林（FO）：0 - 1000000 m²，平均值574513.8 m²，標準差454606.3 m²。
5. 灌叢（BU）：0 - 1000000 m²，平均值11904.14 m²，標準差32832.85 m²。

6. 濕地（WL）：0 - 1000000 m²，平均值12288.32 m²，標準差78899.62 m²。
7. 都市（UB）：0 - 1000000 m²，平均值16862.49 m²，標準差102389 m²。
8. 水體（WB）：0 - 1000000 m²，平均值115192.1 m²，標準差306388.2 m²。
9. 裸露地（BL）：0 - 666009.7 m²，平均值932.76 m²，標準差13941.02 m²。

(五)、2000年代（2005年）（附錄3圖17）

1. 農田（FF）：0 - 1000000 m²，平均值118440 m²，標準差219669.9 m²。
2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 - 1000000 m²，平均值68343.61 m²，標準差167079.7 m²。
3. 農濕地（FW）：0 - 1000000 m²，平均值79340.63 m²，標準差210982.6 m²。
4. 森林（FO）：0 - 1000000 m²，平均值568026.8 m²，標準差457428.1 m²。
5. 灌叢（BU）：0 - 443539.7 m²，平均值11647.18 m²，標準差30497.68 m²。
6. 濕地（WL）：0 - 1000000 m²，平均值11671.19 m²，標準差75563.34 m²。
7. 都市（UB）：0 - 1000000 m²，平均值27010.41 m²，標準差130603.5 m²。
8. 水體（WB）：0 - 1000000 m²，平均值114548.9 m²，標準差306005.9 m²。
9. 裸露地（BL）：0 - 666009.7 m²，平均值953.08 m²，標準差14039.9 m²。

(六)、2010年代（2015年）（附錄3圖18）

1. 農田（FF）：0 - 1000000 m²，平均值120886.9 m²，標準差219518 m²。
2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 -

- 1000000 m²，平均值65622.25 m²，標準差155477.4 m²。
3. 農濕地 (FW)：0 - 1000000 m²，平均值70248.79 m²，標準差194643.8 m²。
 4. 森林 (FO)：0 - 1000000 m²，平均值558354.7 m²，標準差454607.2 m²。
 5. 灌叢 (BU)：0 - 443539.7 m²，平均值12742.26 m²，標準差31711.68 m²。
 6. 濕地 (WL)：0 - 1000000 m²，平均值10906.29 m²，標準差72014.63 m²。
 7. 都市 (UB)：0 - 1000000 m²，平均值47151.96 m²，標準差169392.5 m²。
 8. 水體 (WB)：0 - 1000000 m²，平均值113071.2 m²，標準差304465.8 m²。
 9. 裸露地 (BL)：0 - 666009.7 m²，平均值997.41 m²，標準差14469.6 m²。

四、其他因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG: 3825) (附錄3圖19)

1. 道路長度 (LROAD)：0 - 25023.33 m，平均值3028.27 m，標準差3783.66 m。
2. 道路有無 (PROAD)：233個網格沒有道路經過，欄位表示為0；515個網格有道路經過，欄位表示為1；2,197個網格位於海上，網格表示為-9999。
3. 最短淡水體距離 (DFW)：0 - 116815.9 m，平均值6883.11 m，標準差15392.13 m。
4. 最短鹹水體距離 (DSW)：0 - 3006.55 m，平均值33.98 m，標準差208.41 m。

(二)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826) (附錄3圖20)

1. 道路長度 (LROAD)：0 - 39461.58 m，平均值4167.15 m，標準差5216.33 m。
2. 道路有無 (PROAD)：15,998個網格沒有道路經過，欄位表示為0；24,256個網格有道路經過，欄位表示為1；2,979個網格位於海上，網格表示為-9999。
3. 最短淡水體距離 (DFW)：0 - 73331.2 m，平均值342.02 m，標準差3291.07 m。
4. 最短鹹水體距離 (DSW)：0 - 66453.1 m，平均值21611.2 m，標準差17645.04 m。

討論

本研究所建立的「臺灣陸域環境因子多時序資料集」，匯集、詮釋與運算全球與臺灣開放資料，並以開放授權 (open license or status)、容易使用 (open access)、機器可讀 (machine readability) 與開放格式 (open format) 等符合開放資料定義 (open definition 2.1; Open Knowledge International 2019) 方式建構與公開資料集。本資料集結合人文、地形、土地、環境與氣象等跨領域資料，有助於有系統的了解環境基礎資訊，並以機器容易讀取且開放格式提供，可提高資料集使用效益。

全球與臺灣開放資料來源多元，然而 TCCIP 與 DTM 等臺灣發布的開放資料僅提

供本島資料，為了以一致的資料來源建構臺灣本島與離島環境因子資料集，因此本研究在地形、氣候與土地覆蓋等主要環境因子計算時採用全球資料。而採用的ASTER GDEM v.2資料集 (Tachikawa *et al.* 2011)以30 m高解析度資料作為本研究資料集代表，但僅有一個年代的地形數值，尚無法呈現臺灣各年代地形變化。

全球氣候資料中，CRU TS v.4.01 (Climatic Research Unit Time-Series Version 4.01)提供1901 - 2016年氣候資料 (附錄1)，但由於歷史資料稀少，以0.5度網格解析度呈現資料，換算至臺灣本島僅48個網格，顯然難以代表臺灣環境資訊。以臺灣歷史資料模擬氣候數值的TCCIP，採用中央氣象局、經濟部水利署與台灣電力公司，合計1,614個測站產製1960 - 2015年全臺5 km與1 km解析度之月降雨、平均溫度、最高溫及最低溫網格資料，雖然是目前可取得氣候相關資料涵蓋時間較廣的資料來源，但目前僅以5 km解析度提供資料，若以此尺度切分臺灣本島，僅有1665格，資訊仍不夠精細，無法有效呈現生態意義，且不易應用於臺灣各地環境現況評估研究，研究學者實際使用時仍需將資料降解析度至1 km (Lin *et al.* 2018)。因此採用CHELSA (Karger *et al.* 2017)，此資料集以約1 km解析度提供全球35年來的每月氣溫與雨量資料。臺灣本島面積約36,000 km²可切分為約40,254個1 km²網格，亦符合目前大多數臺灣研究者主要使用研究尺度 (李培芬 1997; 許皓捷 2016)。同時由於原始資料來源尺度多元，為了便於運算與實際可行性，將各個環境因子原始資料重新整

合運算至1 km²網格內。若是地區小尺度的研究，仍需依照研究需求重新取樣至0.5 km解析度，甚至是在單一都市生物多樣性研究層級時採用更精細的0.05 km網格解析度建置環境因子資料 (Le Louarn *et al.* 2018, 許皓捷 2016)。

土地覆蓋方面資料，內政部發布的國土利用調查是最精細且最準確的資料來源，但可取得的最早數化資料為2008年，同時亦是未涵蓋全部研究範圍，因此在土地覆蓋因子方面也採用全球資料庫，ESA CCI LC maps提供資料形式為300 m解析度，雖不若國土利用調查資訊詳細 (Li *et al.* 2018)，但涵蓋時間尺度較廣。從ESA CCI LC maps中選取1995、2005、2015年作為臺灣1990、2000與2010年代代表土地覆蓋圖。ESA CCI LC maps以全球尺度將土地覆蓋類型分為37類，臺灣包含其中22種土地覆蓋類型，為了容易理解與使用將22種類型合併為農田、草本與草本作物 (旱田)、農濕地、森林、灌叢、濕地、都市地區、裸露地與水體等9大類土地覆蓋類型。

本研究建立之多時序資料集包含過去到現在的氣候與土地覆蓋資料，在地形與其他人文地理因子方面僅有2010年代資料，若是可取得過去的DTM、水文或道路等圖資，將可完整的研究氣候變遷與人為活動對環境之影響。關於時間尺度方面，若能有涵蓋全研究區域的未來氣候變遷情境模擬資料發布，例如TCCIP對臺灣本島2021 - 2040、2041 - 2060、2061 - 2080與2081 - 2100年等未來不同年代與情境的氣候推估資料，擴充目前資料集的氣候資

訊，亦將能更進一步研究氣候變遷情境下，環境變化對物種或生態的影響。

人為影響生物棲地部分，目前資料集內整合運算資料為最基本的各年代土地覆蓋類型資訊，未來研究將分析人為開發如何影響棲地類型變化，並演算都市化的擴張與棲地破碎化等衍生性地景指數，以更進一步了解人為的擾動如何影響自然地景 (Hurtt *et al.* 2006, Ellis *et al.* 2010, Goldewijk *et al.* 2017, Li 2018)。

整體而言，本研究所彙整與建立之「臺灣陸域環境因子多時序資料集」廣泛包含地形、氣候、土地覆蓋與其他人文地理因子等100項變數，資料範圍含括臺灣整體陸域，並依地理位置分別建立本島與離島兩個子資料集，涵蓋1970 - 2010年5個年代，是時間與空間範圍涵蓋最完整的開放資料集，並以開放資料精神提供ESRI shapefile, GeoTIFF與ASCII等檔案直接下載連結，可大幅節省研究者彙整搜集與資料運算時間，並可有效應用於生物分布模擬，氣候與環境變遷分析等研究。

資料連結網址

Github: https://github.com/WanJyunChen/Taiwan_environmental_dataset

Deposit: https://data.depositar.io/dataset/taiwan_environmental_dataset

引用文獻

內政部營建署。2014。自然與人工海岸線示意圖。<https://data.gov.tw/dataset/7444>。

交通部。2016。交通路網數值圖使用手冊。交通部。

李培芬、廖倩瑜、李玉琪、潘彥宏、傅維馨、陳宣汶。1997。台灣地區生態與環境因子地理資訊資料庫。行政院農業委員會。

許皓捷。2016。臺灣及澎湖群島環境因子GIS資料庫。<http://mountain-ecology.blogspot.tw/2016/06/gis.html>。

農業委員會。2016。林道分布圖。<https://data.gov.tw/dataset/38213>。

Ellis, E. C., K. Klein Goldewijk, S. Siebert, D. Lightman, and N. Ramankutty. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* 19:589-606.

Fick, S.E. and R.J. Hijmans. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302-4315.

Goldewijk, K. K., A. Beusen, J. Doelman and E. Stehfest. 2017. Anthropogenic land use estimates for the Holocene - HYDE 3.2. *Earth System Science Data* 9: 927-953.

Hijmans, R. J., S. Phillips, J. Leathwick, and J. Elith. 2017. dismo: Species Distribution Modeling. R package version 1.1-4. <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>

Hurtt, G. C., S. Frolking, M. G. Fearon, B.

- Moore, E. Shevliakova, S. Malyshev, S. W. Pacala and R. A. Houghton. 2006. The underpinnings of land-use history: three centuries of global gridded land-use transitions, wood-harvest activity, and resulting secondary lands. *Global Change Biology* 12:1208-1229.
- Karger, D.N., O. Conrad, J. Böhrer, T. Kawohl, H. Kreft, R. W. Soria-Auza, N. E. Zimmermann, H. P. Linder and M. Kessler. 2017. Data from: Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4: 170112.
- Le Louarn, M., P. Clergeau, D. Strubbe and M. Deschamps-Cottin. 2018. Dynamic species distribution models reveal spatiotemporal habitat shifts in native range-expanding versus non-native invasive birds in an urban area. *Journal of Avian Biology* 49: jav-01527.
- Li, W., N. MacBean, P. Ciais, P. Defourny, C. Lamarche, S. Bontemps, R. A. Houghton and S. Peng. 2018. Gross and net land cover changes in the main plant functional types derived from the annual ESA CCI land cover maps (1992 - 2015). *Earth System Science Data* 10:219-234.
- Lin, H.-Y., J.-M. Hu, T.-Y. Chen, C.-F. Hsieh, G. Wang, and T. Wang. 2018. A dynamic downscaling approach to generate scale-free regional climate data in Taiwan. *Taiwania* 63:251-266.
- Michener, William K. 2015. Ecological data sharing. *Ecological Informatics* 29:33-44.
- O'Donnell, M.S., and D. A. Ignizio. 2012. Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States: U.S. Geological Survey Data Series 691:1-10.
- Open Knowledge International. 2019. Open Definition 2.1. Retrieved 20 May 2019, from <https://opendefinition.org/od/2.1/en/>
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Tachikawa, T., M.Kaku, A. Iwasaki, D. B. Gesch, M. J. Oimoen, Z. Zhang, J. J. Danielson, T. Krieger, B. Curtis, J. Haase, M. Abrams and C. Carabajal. 2011. ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 -summary of validation results. Retrieved from <http://pubs.er.usgs.gov/publication/70005960>