

# 由溫度、水氣、降雨量分析大臺北地區之熱島效應

葉大綱<sup>1</sup>、陳國華<sup>1</sup>、洪景山<sup>2</sup>、馮欽賜<sup>2</sup>  
國立臺北大學 不動產與城鄉環境學系<sup>1</sup>  
中央氣象局 氣象資訊中心<sup>2</sup>

## 摘 要

近幾年全球氣候變遷產生的影響漸趨明顯，除了危及生態的全球暖化之外，世界各地極端降雨現象更是出現頻仍，而屬於海島型國家的台灣更無法逃離此趨勢而深受其影響。而雨水來自大氣對流層中之水氣，其屬於一種不穩定的狀態，於氣候上的變遷更扮演一種能量傳遞角色，形成降雨也有延遲的可能。本文採用中央氣象局提供的全球定位系統（Global Positioning System, GPS）觀測資料，反演計算出大氣中之可降水量（Precipitable Water Vapor, PWV），並加入溫度及降雨量資料，探討2006至2012年大臺北地區之熱島效應。為了真實呈現熱島效應之影響，本研究扣除了這七年間颱風侵襲北臺灣之觀測資料，發現在夏季溫度上升0.3度、水氣上升4.3%，但降雨量卻下降了3%，且郊區的變化更甚於都市地區；而在冬季溫度下降2.3度，水氣與降雨量都分別上升了3%與8%，且郊區與都市的變化大致相同。此一結果顯示臺北地區之熱島效應確實是存在的，使得夏季溫度微幅上升、冬季溫度大幅下降，雖然溫度的變化導致都市與郊區的水氣都有上升的趨勢，但扣除颱風的影響之後，夏季降雨量不升反減，冬季的降雨量則有大幅上升的趨勢。

關鍵字：熱島效應、全球定位系統、大氣可降水、降雨量。

## 一、前言

熱島效應原指海島受到太陽照射氣溫隨地表溫度升高但周圍海洋的氣溫因為海水熱容量大，溫度上升較海島少的現象；而現都市因日照而增加的溫度高於周圍郊區，有如海島產生的增溫作用，稱都市熱島效應，一般以熱島效應稱之。由於城市規模的發展，土地利用改變及人為排放熱量之影響，都市熱島效應日漸加劇，王建鵬（2011）以西安地區為研究範圍，發現冬夏季均形成了以西安為中心的明顯“熱島”，西安城區與臨近區域的溫度梯度在加大。熱島強度、影響範圍冬季強於夏季。且熱島效應的加劇不但影響都市及郊區間的溫度梯度，對於地方降水亦有相當之影響，東高紅（2013）提出熱島效應對於海風鋒面的移動有明顯阻擋作用，當鋒面移動到熱島效應明顯的城市地區時，其氣流會產生分支繞流和氣流爬升等現象。張倉榮（2010）更提出土地利用和熱量排放的改變，會使得空氣的不穩定性增高，容易導致在

都會地帶產生對流而降水。在改變土地利用之後，因人為排放熱源之影響，極端降水區域不再只是發生在山區附近，反而是會發生在人口稠密的都會地帶。

而台北市及新北市兩直轄市位於台灣本島北部的台北盆地，泛指為大台北地區。其中台北市為現今中華民國之首都，人口為全國各縣市排名第四，人口密度則居第一。台北市與周邊衛星市鎮所連結成的台北都會區，是台灣人口最多的都會區，並為台灣政治、經濟與文化發展之中心。新北市則為台灣人口最多的縣市，全境環繞台北市，東北臨基隆市、東南臨宜蘭縣、西南臨桃園縣，其所轄石門區富貴角地處台灣本島最北端，貢寮區三貂角地處台灣本島最東端。水文部分，大台北地區屬於淡水河流域，新店溪河道由東南向西北蜿蜒流經景美、公館、古亭等地，至萬華附近與大漢溪河流後始稱淡水河；尚有支流基隆河於盆地東北邊流入，橫溪及外雙溪等河流自盆地北側山區流入，匯集注入基隆河。大台北地區的高度發展與人口集中，容易造成地表增溫而發生顯著的熱島效

應，熱島效應對於降水區域分布、降水量或強降雨的形成頻率及強度等與人類生活品質相關之情況是否產生影響，本研究欲藉由歷年之水庫集水區、大台北盆地及出海口地區之降雨量及溫度資料，進行統計分析整理，驗證都市熱島效應在大台北地區是否會對降雨型態產生影響。故本研究欲透過現有政府公開資訊的收集與搭配地基 GPS 測站的雨量資料，統計分析降雨事件並歸納兩者關聯性。

## 二、GPS氣象學

GPS 源自美國 1970 年的導航衛星定位應用，而後因許多誤差來源之影響，逐漸發展成差分定位技術，此原理為使用兩台或兩台以上的接收儀同時觀測，將觀測方程式作線性運算後，能有效減少誤差影響，此技術在許多工程領域中成為有一定的必要性。除了工程領域另外，在氣象科學上的應用也逐見獲得肯定，主要目的是利用 GPS 訊號傳至地表接收儀時，通過大氣層使訊號產生延遲效應，應用地球大氣折射原理，去反推算大氣中原來之延遲訊息，進而提供氣象學或大氣科學相關學術領域之發展。

水氣含量在大氣中所佔的比例最多只達大氣總容積量的 4%，於地表垂直向上起算 4 公里範圍內有 75% 集中量，再細分時於地表向上 2 公里範圍內有 50% 集中量，大部分水氣還是停留在對流層中，其含量約有 99% (Wikipedia, 2008)。水氣也是唯一能夠以三種型態出現在自然界的變動氣體，此三種型態分別為蒸發與凝結、融化與凝固、吸收與釋放，並藉由這三態相位能量的相互改變，可衍生出各種天氣現象 (謝瀚德, 2006)。水氣的相位改變皆附有極大的能量變化，這些能量的傳遞都會影響大氣結構的現況及型態，特別是像雷雨、颱風等劇烈天氣變化。對於氣象監測或天氣預報來說，水氣更是扮演著重要的指標，因此藉由觀測水氣的分佈，有助於了解和評估天氣系統的變化，因此偵測大氣中的延遲量之變化，對

於掌握特定天氣現象具有相當大的幫助，也顯示延遲量的估計是具有其重要性。

GPS 觀測資料經載波相位二次差分方式求解，以最小二乘法消除週波未定值就可得到各站的對流層天頂總延遲量，最後再配合 Saastamoinen 估計模式及 Niell 映射函數，計算對流層的乾延遲部份，只要將總延遲量減掉乾延遲量就可獲得天頂向的對流層濕延遲量。若要求得大氣中的濕延遲量與可降水量之關係，則再乘上一轉換因子  $\Pi$ ，其經驗值約 0.158-0.167 之間，可將此延遲量轉化為可降水量。

## 三、資料處理

都市高樓聳立，人造鋪面取代了森林及土壤，造成太陽光及空調設備所排出之熱空氣蓄積都市內，大樓林立亦阻擋了風的流動，加劇高溫化，這樣的現象導致熱島效應的發生，使得都市地區溫度異常高於周遭郊區。據文獻回顧可知，都市的出現或規模的改變會影響經過其上方氣流的動力與熱力結構，使得降水區域提前至都市的下風地區、原先集水區降水減少，而通常水庫位置的選取會考慮當地的氣候狀況及地形條件，如在盛行風的迎風面上或地形有利之處；故，若此情況發生在地狹人稠的台灣，勢必將造成水資源來源堪慮。

本研究首先將透過中央氣象局溫度測站資料，驗證全球暖化及都市熱島效應是否發生於大台北地區，進一步以地基 GPS 觀測站取得之雨量資料驗證都市熱島效應是否影響降雨之地域分布，並再以可降水量資料探討降雨量變化與可降水量之關聯性。GPS 衛星資料是由內政部地政司衛星測量中心與中央氣象局所提供，其資料時間為 2006 年至 2012 年，而地面接收儀每 30 秒取得一筆 GPS 數據，經由 Bernese 5.0 計算之後，取得逐時資料作月平均數據分析其趨勢。以台灣概略分為五區作為呈現方式，分為北部、中部、南部、東部及山部地區，共有 95 個衛星追蹤站，

其分佈如圖 1 所示。而北部地區的平均高度為 171.9 公尺，中部地區的平均高度為 189.8 公尺，南部地區的平均高度為 90.2 公尺，東部地區的平均高度為 116.1 公尺，山區的平均高度為 1094.8 公尺。

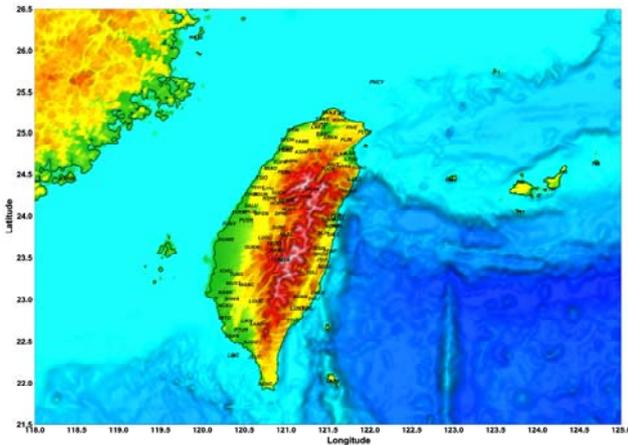


圖 1 GPS 衛星追蹤站位置分布圖

地基 GPS 反演之大氣可降水量具有相當之準確性，嘗試以其提供之水氣分布資訊來了解可降水量和降雨量之關係後提升可降水量資料的運用層面。

#### 四、研究成果分析

本研究選定大台北地區 24 個氣象溫度測站（都市地區溫度測站共 12 個：山佳、屈尺、福隆、雙溪、金山、社子、大直、天母、永和、士林、內湖及南港。郊區溫度測站共 12 個：坪林、四堵、泰平、桶後、大坪、五指山、富貴角、三和、鼻頭角、三貂角、大崙尾山及大屯山）觀察之結果，分析 2006 年至 2012 年夏季及冬季每小時之溫度，透過加總運算，計算出每年每季之平均溫度。其中夏季代表該測站每年之 6、7、8 月；冬季代表每年之 12 月及隔年之 1、2 月。

根據圖 2、3 可看出夏季均溫有些微上升之趨勢，都市上升約為 0.1 度、郊區約 0.5 度；冬季均溫則呈現上下震盪且有下降之趨勢，都市下降 2.3 度、郊區 1.4 度。從此趨勢看來，推論其原因為近年來全球暖化，其後出現極端變化，夏季愈熱、冬季愈冷。故大台北地區確實存在全球暖化之現象。此外，圖 1 亦可

判斷都市地區不論是在夏季或是冬季，平均氣溫皆高於郊區，都市熱島效應確實存在於大台北地區。另外由於冬季都市地區與郊區溫差大於夏季，足以證明熱島效應之影響，冬季較明顯於夏季。

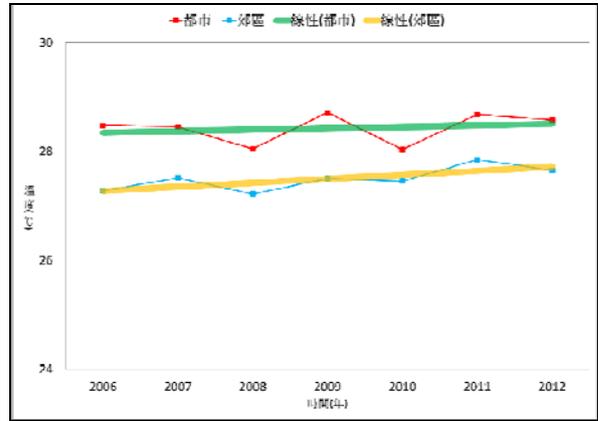


圖 2 2006 年至 2012 年夏季均溫

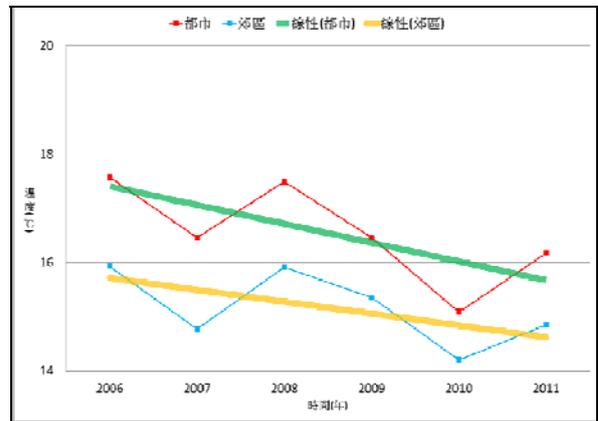


圖 3 2006 年至 2012 年冬季均溫

接著透過將地基 GPS 測站依據分布位置及都市化程度分為都市測站及郊區測站兩類，其中都市地區測站共有 6 個，分別為：安坑、板橋、林口、淡水、三芝、五股。郊區測站總共有 5 個，分別為：坪林、福隆、萬里、金山、五分山。將各測站每年夏季及冬季之雨量及可降水量，以每日為單位分析，將資料缺漏部分扣除，計算出有資料日數的平均日降雨量，並乘以每月平均日數三十日，得到每月平均降雨量。另部分月份資料有缺漏之部分，直接以不計算當月份資料的方式製作統計圖表。另外，為求結果之準確性，亦扣除颱風所造成之極端降雨量；分析結果如圖 4~7、量化數據整理於表 1 呈現。

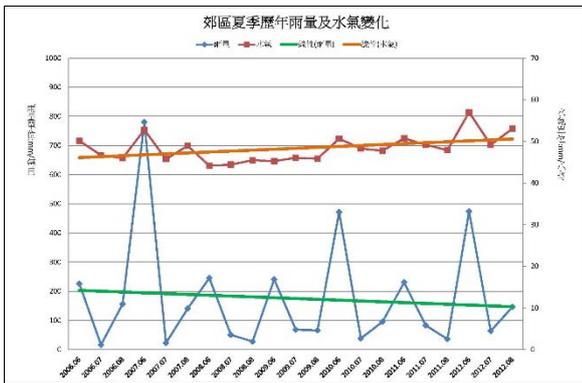


圖4 夏季都市歷年雨量及水氣變化

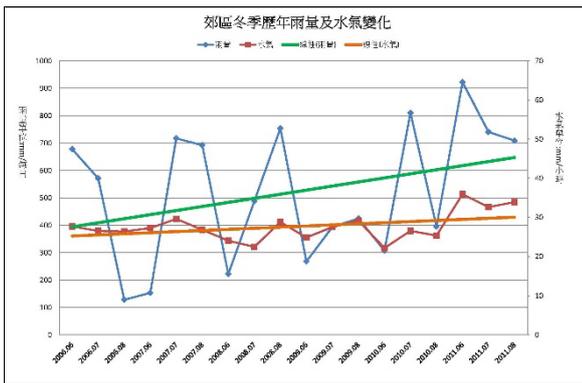


圖5 冬季都市歷年雨量及水氣變化

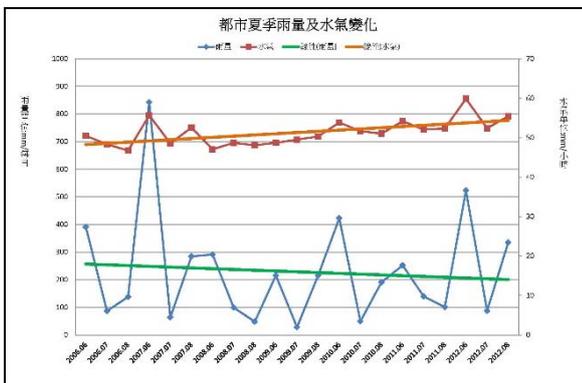


圖6 夏季郊區歷年雨量及水氣變化



圖7 冬季郊區歷年雨量及水氣變化

表1 2006-2012年水氣、雨量、溫度變化數據

夏季	水氣 (mm)	雨量 (mm)	溫度 (°C)
都市	增加 1.2 %	減少 3 %	上升 0.1
郊區	增加 1.4 %	減少 3 %	上升 0.5
冬季	水氣 (mm)	雨量 (mm)	溫度 (°C)
都市	增加 3 %	增加 8 %	下降 2.3
郊區	增加 3 %	增加 8 %	下降 2.3

由前述成果可見大台北地區的平均氣溫呈現一致的升溫趨勢，熱島效應及全球暖化造成的平均溫度逐年上升，影響到水氣的增加，但夏季雨量減少、僅冬季雨量增加；另外，本研究原本預期之熱島效應將造成集水區（坪林測站）降雨減少、都市地區降雨增加之情形，並無顯著成果。然兩者原因推論為：前者，因夏季氣溫上升使水氣飽和度增加，即便水氣增加但仍增幅不足，造成都市及郊區降雨的機會下降；而冬季則同理因冬季氣溫下降使水氣飽和度下降，水氣增加則造成降雨的機會增加。後者，可能原因為台灣地區範圍過於狹小，水氣及降雨在過小的範圍內，無明顯呈現出都市地區先降雨的情況。

## 五、結論與建議

近幾年全球氣候變遷產生的影響漸趨明顯，除了危及生態的全球暖化之外，世界各地極端降雨現象更是出現頻仍，而屬於海島型國家的台灣更無法逃離此趨勢而深受其影響，因此本研究選定台灣社經狀況發展最高的大台北地區，研究其近年的氣候狀態。首先，本研究透過溫度測站之統計資料驗證暖化及都市熱島效應的發生，並再以 GPS 雨量測站之統計資料驗證熱島效應影響降雨的區域分布和程度、後續探討降雨量之變化與可降水量之關聯性。

由於工商業的發達，大都市中樹木綠地多被柏油路面取代導致蓄熱增加，產業活動、大量交通工具排放的廢氣等，阻塞市區內熱氣向外擴散，以致市區溫

度相對郊區來的高，進一步造成溫度上升、降水量及可降水量亦上升。由溫度與降水量和水氣的分析結果看來，台灣平均氣溫呈現一致升溫的趨勢，熱島效應及全球暖化造成平均溫度逐年上升，可能影響到水氣的增加，進而增加未來降雨之可能。而原本預期之熱島效應將造成集水區降雨減少、都市地區降雨增加的情形，然並無顯著成果，資料顯示大台北地區之降雨皆有上升趨勢，可能原因為台灣地區範圍過於狹小，水氣及降雨在過小的範圍內，無明顯呈現都市地區先降雨的情況。

未來都市熱島的空間分布與台灣高速鐵路通車後，兩者之間的動態關係，以及如何降低新都會地區的熱島效應都將是值得進一步研究的課題。亦可以提出一些解決或減緩熱島效應發生的方式，如「綠屋頂」，旨在建築物的屋頂種植植物，除了有隔熱降溫的效果外，更具有都市美化、空氣淨化、碳排減少、雨水滯留等功能。或是都市更新時，建築物排列適當，以減少風阻；避免高污染的工廠設在市區附近等。另外，台灣都市地區，目前空屋率極高，發展已達飽和之程度。在必要性與正當性之前提下，當前首要任務應是避免都市過度擴張，造成都市熱島效應之加劇，進而導致台灣地區用水之安全疑慮。

## 參考文獻

- 王建鵬、孫繼松、王式功、張弘、薛榮、惠英，2011。盆地地形下西安城市熱島效應對周邊降水的影響，*干旱氣象*，第 29 卷，第 2 期，168-181 頁。
- 東高紅、劉一瑋、孫蜜娜、戴雲偉，2013。城市熱島與海風鋒疊加作用對一次局地強降水的影響，*氣象*，第 39 卷，第 11 期，1422-1430 頁。
- 張倉榮、蘇紹昆、廖啟勳、王嘉和，2010。熱島效應對台北都會區午後雷暴雨時空分佈之影響研究-以 2009 年 0812 水災為例，*農業工程學報*，第 56 卷，第 3 期，85-101 頁。

謝瀚德，2006。利用 GPS 訊號估算對流層斜向水氣含量之研究，國立中央大學太空科學研究所碩士論文，中壢。

Wikipedia, 2008. <http://www.wikipedia.org/>.