

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 地球科學科

最佳團隊合作獎

040510

高雄地區市區與郊區熱島效應之比較

學校名稱：國立鳳新高級中學

作者：  高一 何謹成  高一 劉厚佐  高一 邱敏瑞	指導老師：  趙育隆
---	------------------

關鍵詞：熱島效應、氣溫、都市化

## 摘要

本研究主要根據 2011 年 1 月與 7 月每小時的氣溫資料庫數據，比較高雄市屬於市區的鳳山、前金、復興（前鎮）以及屬於郊區的橋頭、大寮、林園之間的溫差，並探討這些差異可能來自哪些因素，特別是人為經濟活動如上下班的交通車流與建築空調排放的廢熱造成的升溫。另一方面，研究小組亦進行位在市區的本校校門口與位在郊區的另一校校門口的氣溫實測。資料庫數據分析結果顯示，溫差直接受測站所在位置物理環境狀況影響，郊區測站會高於市區測站，但透過分析平常日與假日溫差變化形態的差異，仍可發現冬季時的平常日有明顯的人為經濟活動的週期性高溫循環，冬季夜晚市區測站氣溫大多較郊區高溫，這些結果符合熱島效應的現象，實測部分本校與郊區學校之間則無明顯差異。

## 壹、研究動機

熱島效應(heat island effect)是一個自 1960 年代開始，在世界各地大城市所發現的一個地區性氣候現象。從紅外線衛星的影像發現了照片中的城市地區的溫度有著很明顯的差異，看起來城市部份就好像在周邊地區的一個浮島（圖 2）。本校位於高雄市區中，交通量大且建築密集，引發研究小組試圖探究屬於市中心的地點的溫度是否因熱島效應而高於郊區的溫度，而由於市區與郊區的人口、交通量、商業活動有明顯差異，是否在上下班交通尖峰時段，熱島效應會較為明顯，也是值得找出答案的問題。

由於熱島效應會使高溫的市區消耗更多的能源於室內空調，也會使天氣劇烈變化出現的機率大為提高(如大雷雨、冰雹、熱浪等)，研究小組認為，本研究有助於呈現人類經濟活動造成的區域性氣候的差異，進一步思考生活在市區中的人們如何協助改善熱島效應造成的問題。

本研究與高中基礎地球科學（上）課程相關的單元主要包含：第七章全球環境變遷、氣候變化、永續發展以及第六章天然災害、氣象災害與都市化的影響。

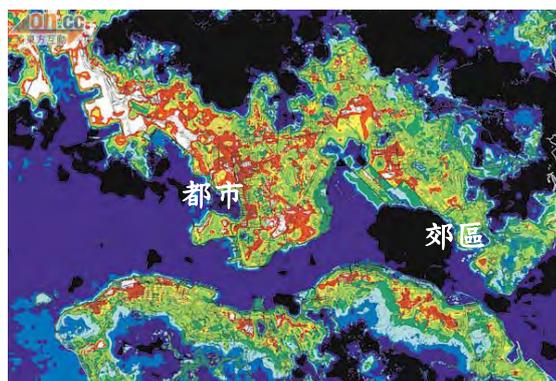


圖 1 熱島效應示意圖

## 貳、研究目的

- 一、根據環保署網站資料庫 24 小時氣溫記錄資料，比較高雄地區市區測站與郊區測站夏季與冬季每週逐日的溫度差異與其變化型態。
- 二、根據環保署網站資料庫 24 小時氣溫記錄資料，比較高雄地區市區測站與郊區測站夏季與冬季每日逐時的溫度差異與其變化型態。
- 三、探討都市經濟活動、土地利用型態與其他可能因素對上述市區與郊區之間氣溫差異與其變化型態的影響。

## 參、研究設備及器材

- 一、溫度計 2 支
- 二、Microsoft Office Excel 軟體

## 肆、研究方法

### 一、網路資料分析部分

#### (一) 取得數據資料：環保署空氣品質監測網

(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/YearlyDataDownload.aspx>) 中有全台各地監測站之空氣污染物濃度與環境氣溫記錄 Excel 檔開放下載。

#### (二) 選取測站與資料時期範圍：考量研究小組人力與本校位置，選定鳳山、前金、復興（前鎮）、大寮、林園、橋頭共六站（見表 1）進行分析。以資料庫最近一年（2011 年）資料中代表冬季之一月與代表夏季之七月為時間範圍。

#### (三) 市區與郊區測站分組：根據 Google 地圖網站（圖 2）各測站位置所屬區域決定，如表 1。

#### (四) 繪製圖表：將測站兩兩配對成組，其中一個為市區測站，另一個為郊區測站，使用其 Excel 檔資料繪成各種折線圖，包含兩測站之溫度、溫差、溫差之平均值、最大值、最小值、標準差等。為呈現每週週一至週日七日逐日以及每日 24 小時逐時這二種氣溫變化型態，分為週溫差變化與日溫差變化二種折線圖。

### 二、實測資料部分

#### (一) 選擇測量地點：由於本校校門口位於交通繁忙的馬路旁，附近並有相當高密度的大樓與住家建築，可代表市區環境狀況，因此選定本校校門口為實際測量氣溫的地點。另選擇路竹區一學校校門口為郊區代表，同步進行氣溫測量與記錄。

- (二) 掛設溫度計：將溫度計掛於警衛室前之陰涼處，避免陽光直射（圖 3）。
- (三) 選擇測量時段：配合下課時間，選定三個時間：09:05、14:05、17:15。

表 1 調查測站分組

市區	郊區
<p>鳳山站（人口約 35 萬）            高雄市鳳山區曹公路 6 號            北緯：22 度 37 分 38.61 秒            東經：120 度 21 分 29.10 秒</p> 	<p>橋頭站（人口約 3.7 萬）            高雄市橋頭區隆豐北路 1 號            北緯：22 度 45 分 27.02 秒            東經：120 度 18 分 20.48 秒</p> 
<p>前金站（人口約 2.8 萬）            高雄市前金區河南二路 196 號            北緯：22 度 37 分 57.24 秒            東經：120 度 17 分 17.11 秒</p> 	<p>大寮站（人口約 11 萬）            高雄市大寮區潮寮路 61 號            北緯：22 度 33 分 56.69 秒            東經：120 度 25 分 30.29 秒</p> 
<p>復興站（人口約 20 萬）            高雄市前鎮區民權二路 331 號            北緯：22 度 36 分 31.36 秒            東經：120 度 18 分 43.26 秒</p> 	<p>林園站（人口約 7 萬）            高雄市林園區北汕路 58 巷 2 號            北緯：22 度 28 分 46.20 秒            東經：120 度 24 分 42.30 秒</p> 

（測站位置資料來源：環保署空氣品質監測網）



圖 2 各測站位置地圖



圖 3 校門口氣溫實測

## 伍、研究結果

### 一、網路資料分析部分

繪製得到下列各圖：

1. 圖 4. 所有測站氣溫
2. 圖 5. 市區-郊區測站平日（不含週末）24 小時逐時溫差
3. 圖 6. 市區-郊區測站週一至週日溫差四週平均、最大、最小值
4. 圖 7. 各測站-林園週一至週日溫差四週平均、最大、最小

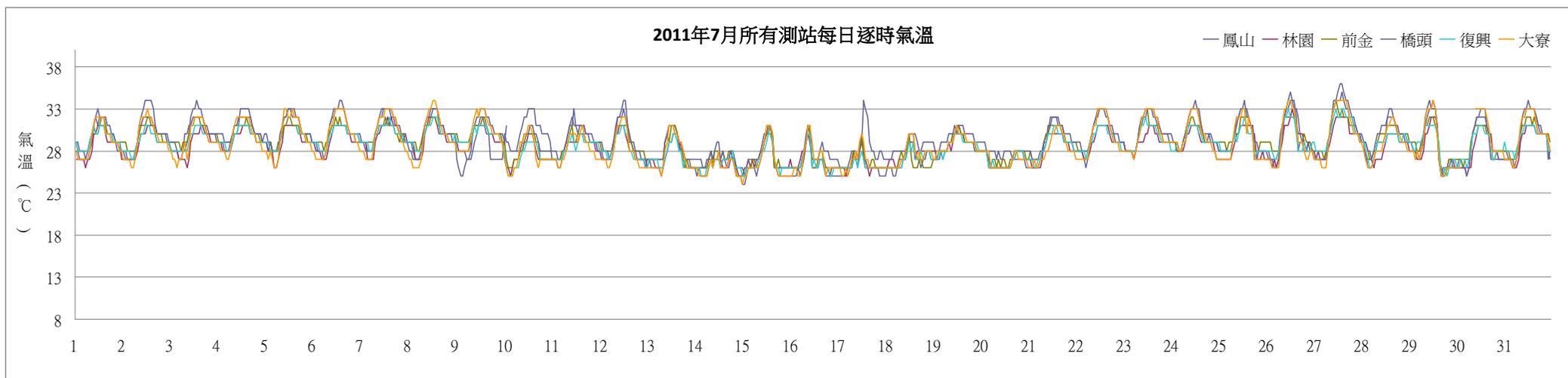
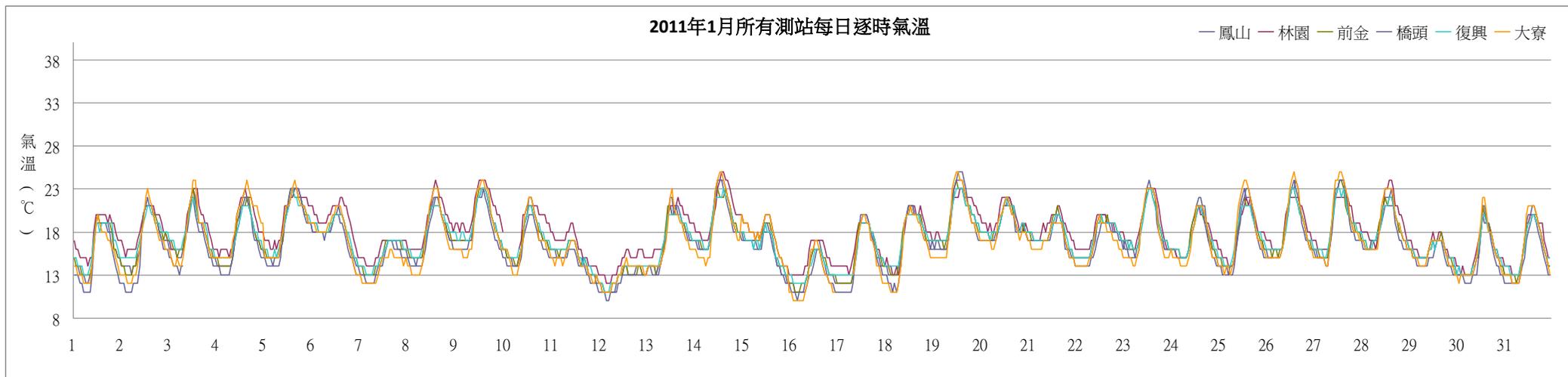
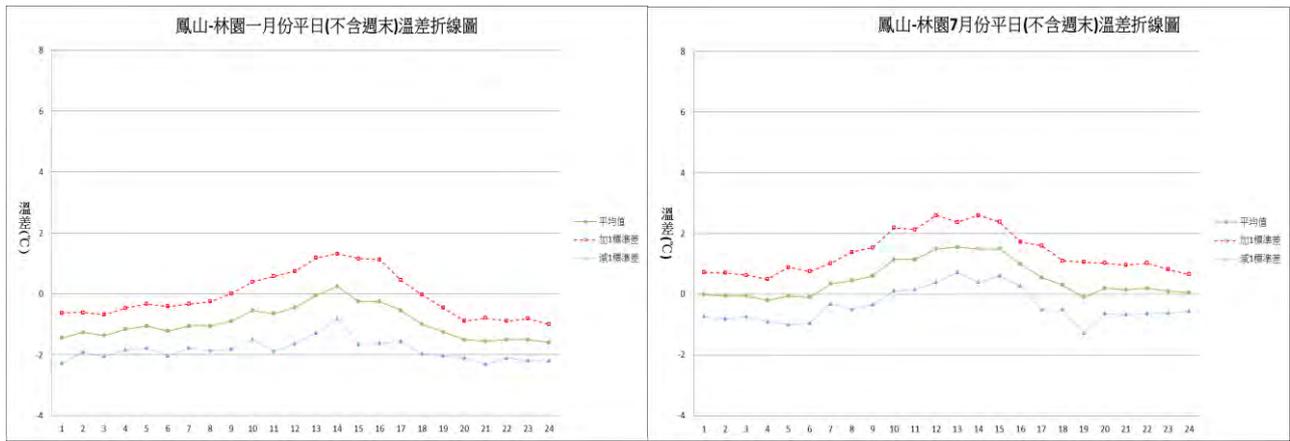


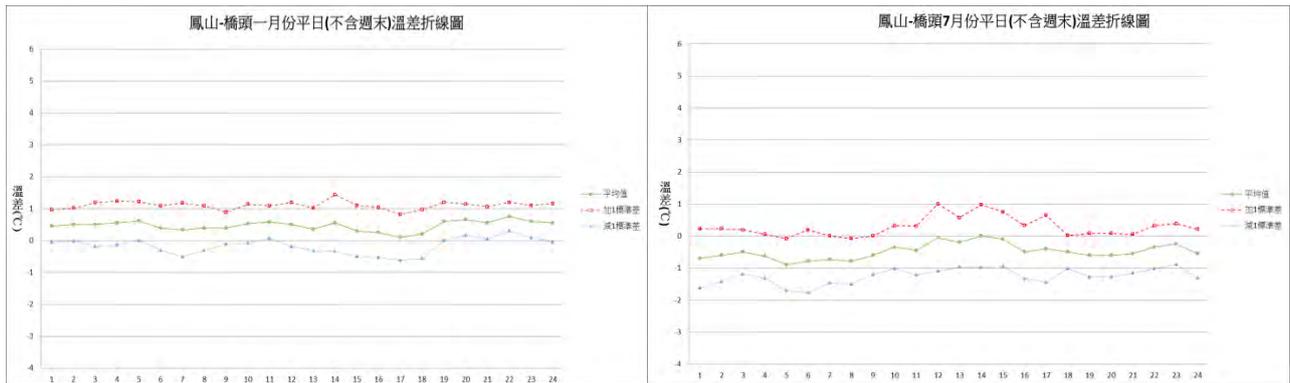
圖 4. 所有測站氣溫



(a) 一月 (冬季)

鳳山-林園

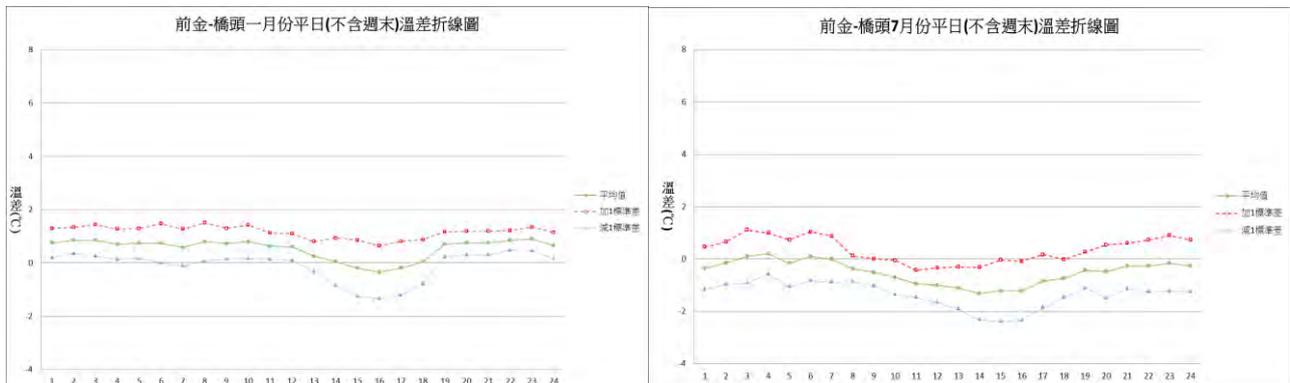
(b) 七月 (夏季)



(c) 一月 (冬季)

鳳山-橋頭

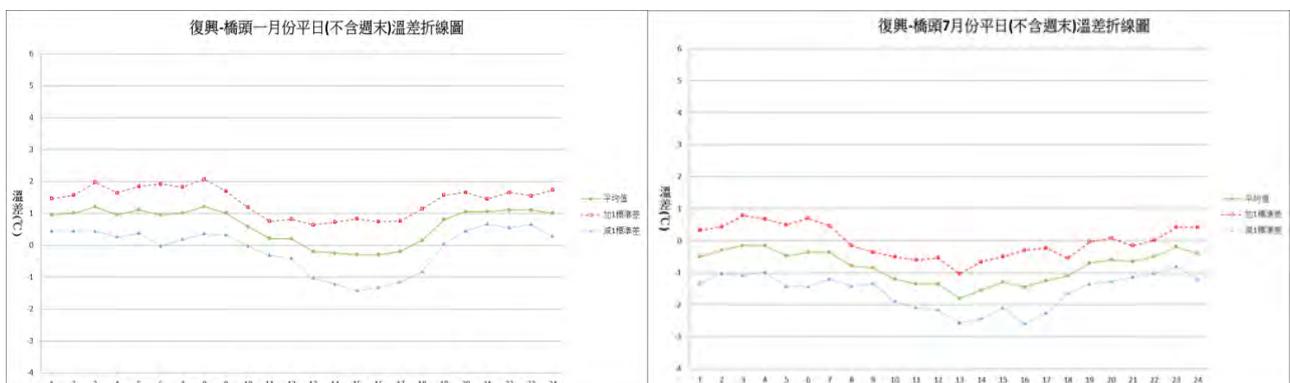
(d) 七月 (夏季)



(e) 一月 (冬季)

前金-橋頭

(f) 七月 (夏季)



(g) 一月 (冬季)

復興-橋頭

(h) 七月 (夏季)

圖 5. 市區-郊區測站平日 (不含週末) 24 小時逐時溫差

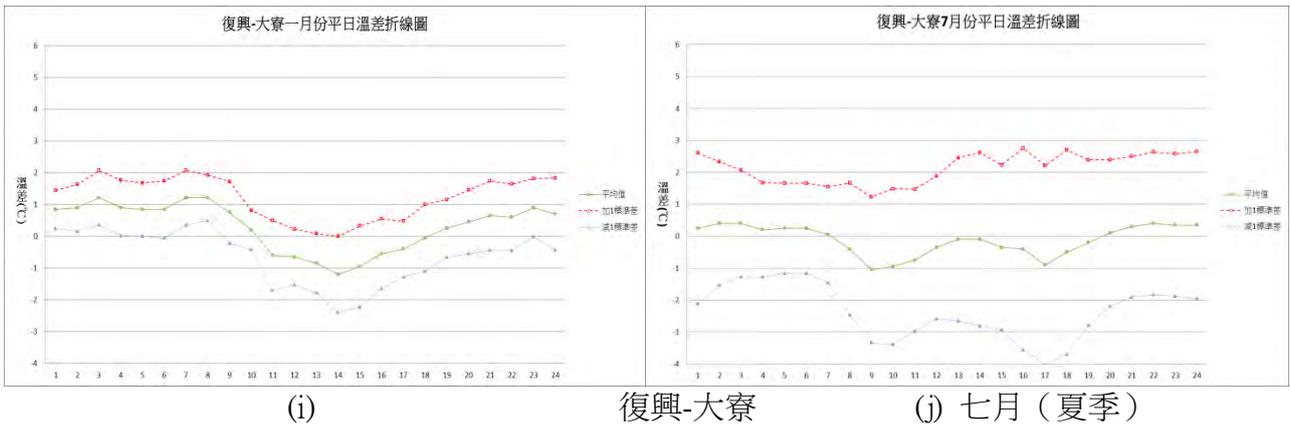
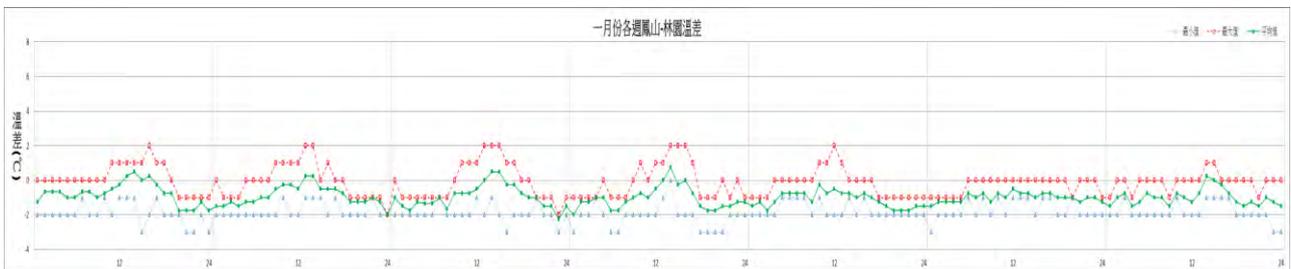
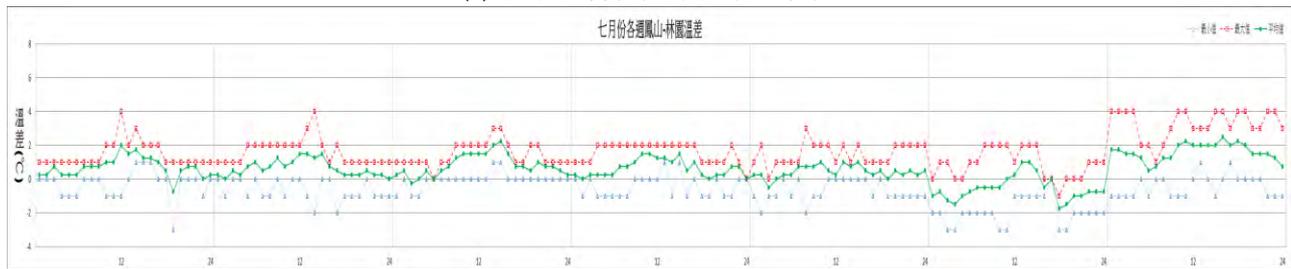


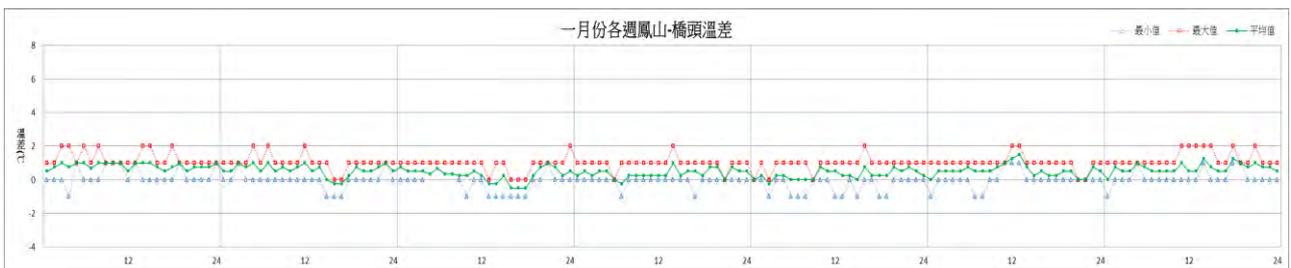
圖 5 (續). 市區-郊區測站平日 (不含週末) 24 小時逐時溫差



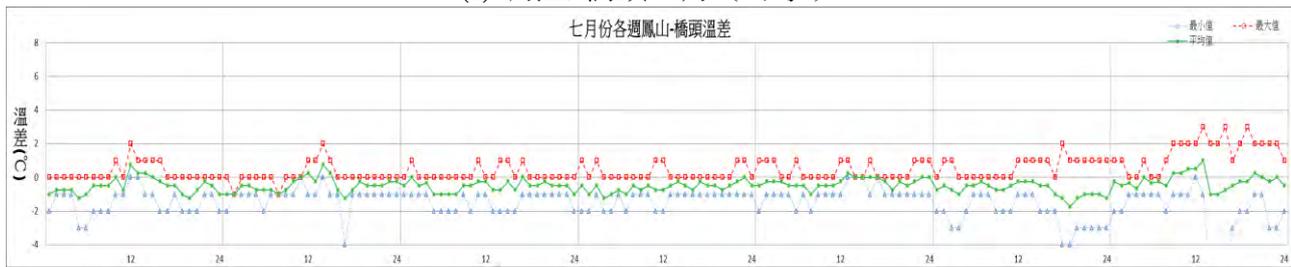
(a) 鳳山-林園一月 (冬季)



(b) 鳳山-林園七月 (夏季)

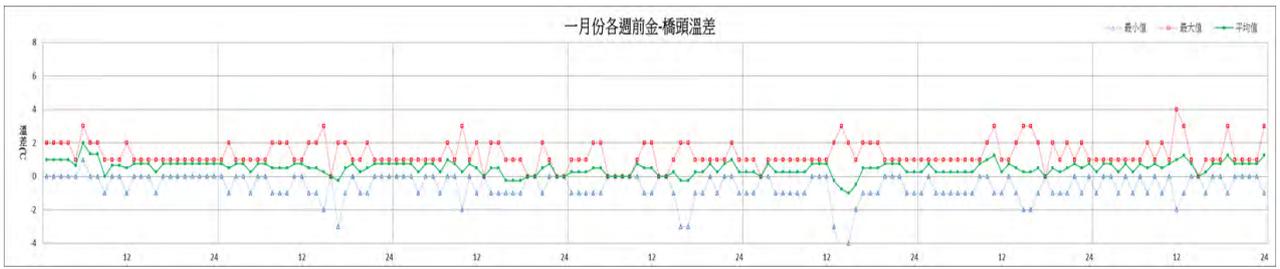


(c) 鳳山-橋頭一月 (冬季)

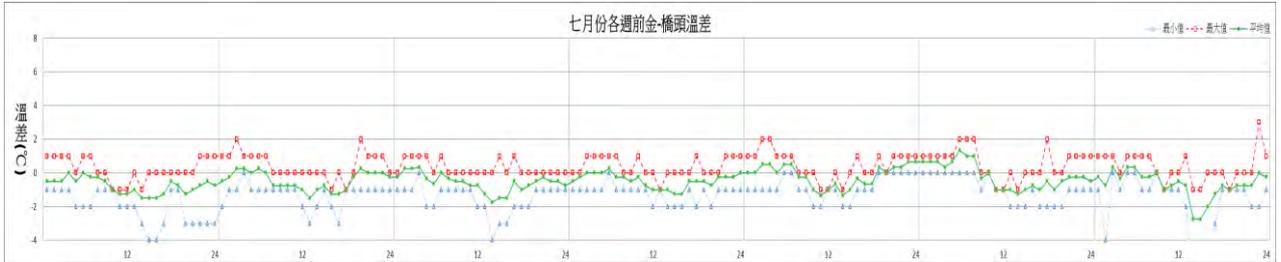


(d) 鳳山-橋頭七月 (夏季)

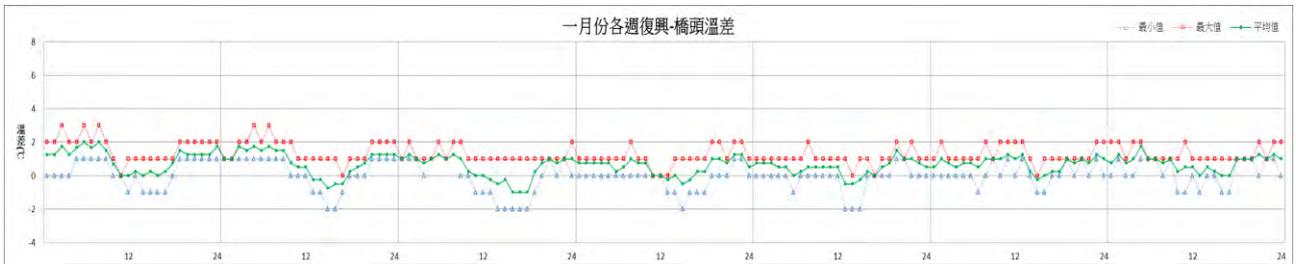
圖 6. 市區-郊區測站週一至週日溫差四週平均、最大、最小值



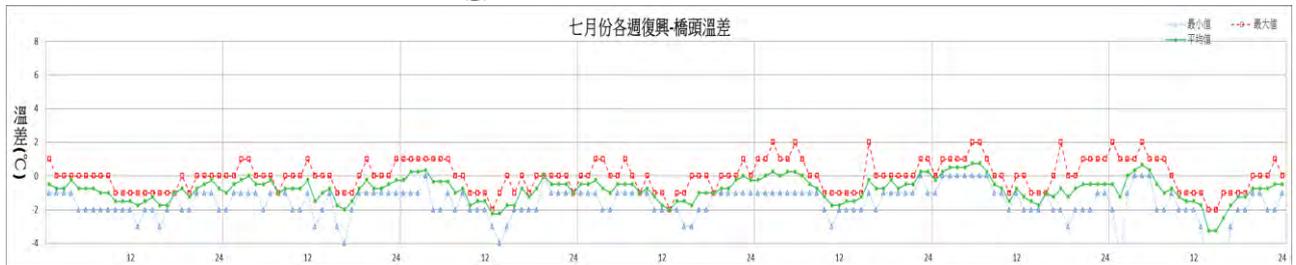
(e) 前金-橋頭一月 (冬季)



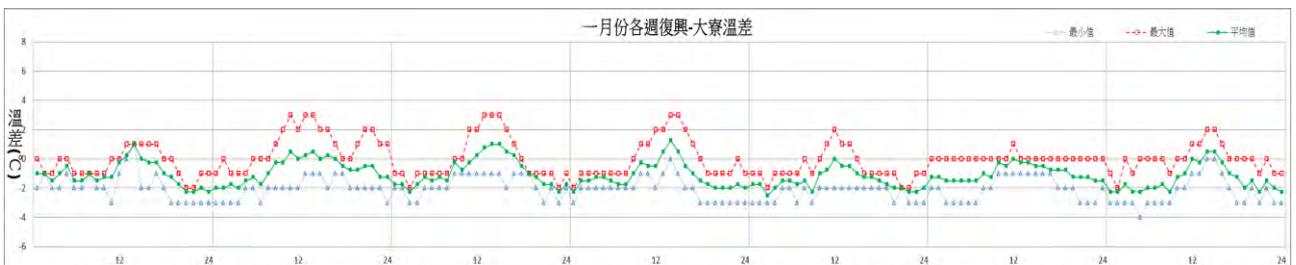
(f) 前金-橋頭七月 (夏季)



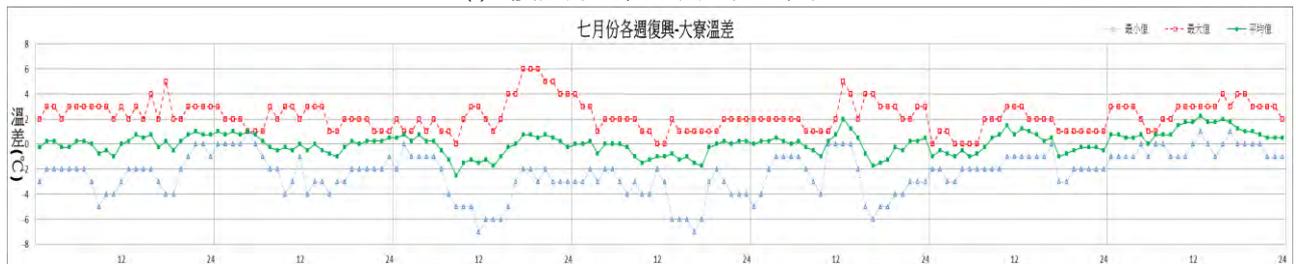
(g) 復興-橋頭一月 (冬季)



(h) 復興-橋頭七月 (夏季)

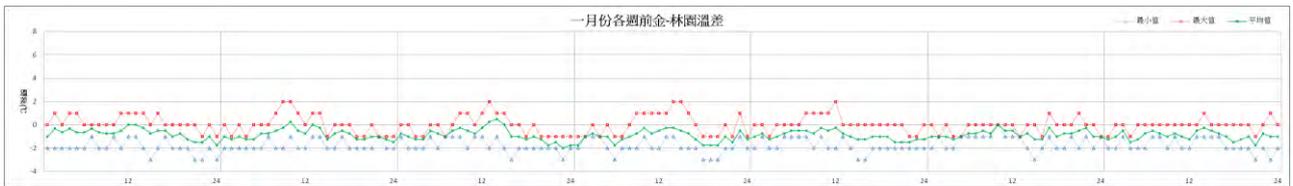


(i) 復興-大寮一月 (冬季)

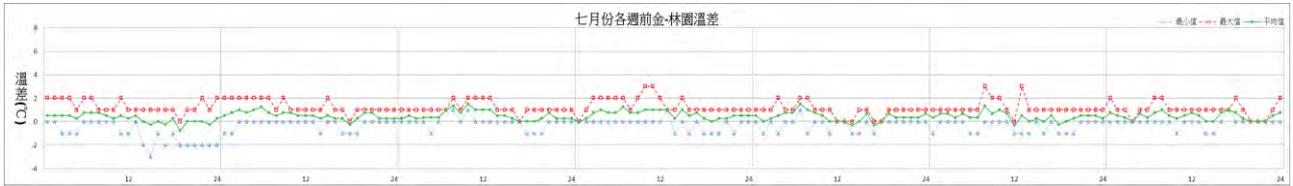


(j) 復興-大寮七月 (夏季)

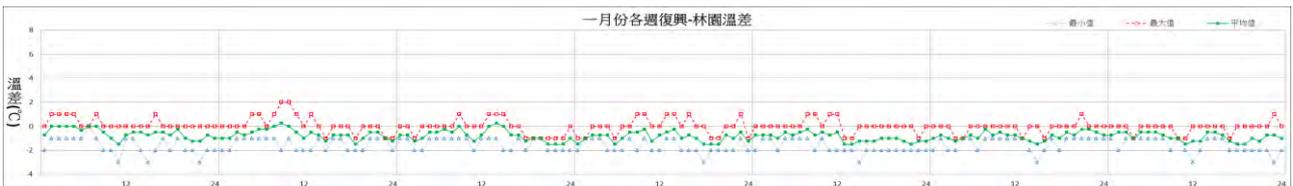
圖 6. (續) 市區-郊區測站週一至週日溫差四週平均、最大、最小值



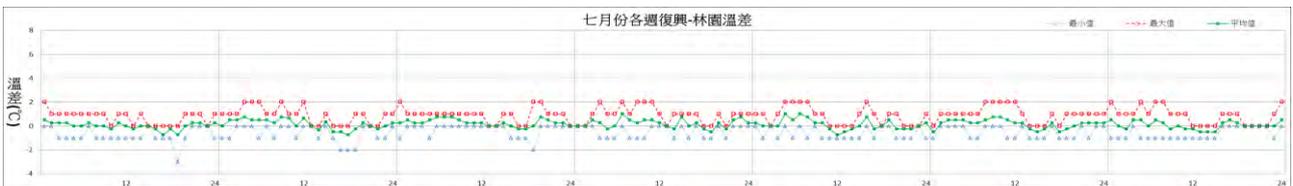
(a) 前金-林園一月 (冬季)



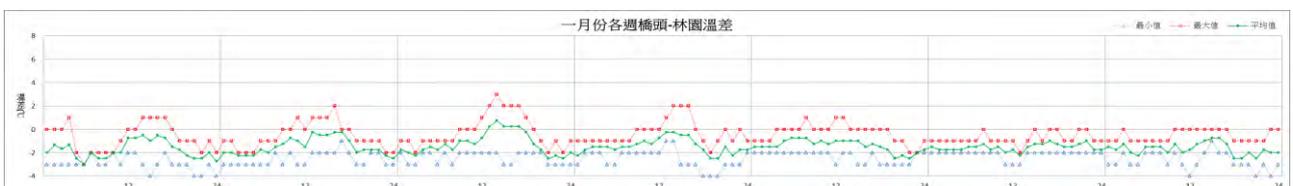
(b) 前金-林園七月 (夏季)



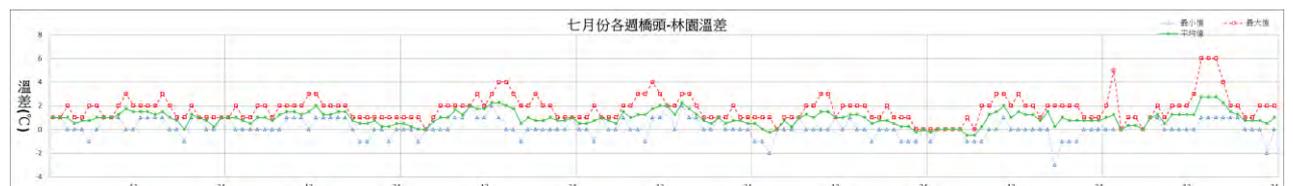
(c) 復興-林園一月 (冬季)



(d) 復興-林園七月 (夏季)



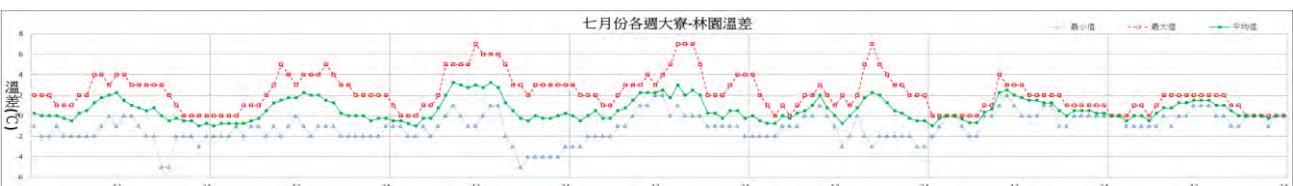
(e) 橋頭-林園一月 (冬季)



(f) 橋頭-林園七月 (夏季)



(g) 大寮-林園一月 (冬季)



(h) 大寮-林園七月 (夏季)

圖 7. 各測站-林園週一至週日溫差四週平均、最大、最小值

## 陸、討論

根據相關文獻資料，造成市區溫度高於郊區溫度的原因整理如下：

- (1) 大樓、水泥地和柏油吸收太陽光的熱。
- (2) 較少的綠地面積：由於植物葉面的水汽蒸發過程，是使得地表及近地面大氣得以冷卻降溫的主要原因，當綠地被建築物、水泥地或道路取而代之成為都市後，上述冷卻降溫的效果也大幅降低。例如，林憲德等人（2005）發現每提高 10% 的綠覆率，對周圍平均氣溫可降低 0.13-0.28°C。
- (3) 大量空調設備排出的廢熱充斥市區。
- (4) 汽機車排出的廢熱氣充斥市區，這些交通污染物並在市區上方的大氣中形成氣懸膠吸收熱輻射，由於市區較郊區高溫，熱對流於市區發生，並將熱量（或污染物）侷限於市區。
- (5) 高樓林立阻礙風的流動，降低了都市地區的通風效率，熱量易蓄積在市區裡。

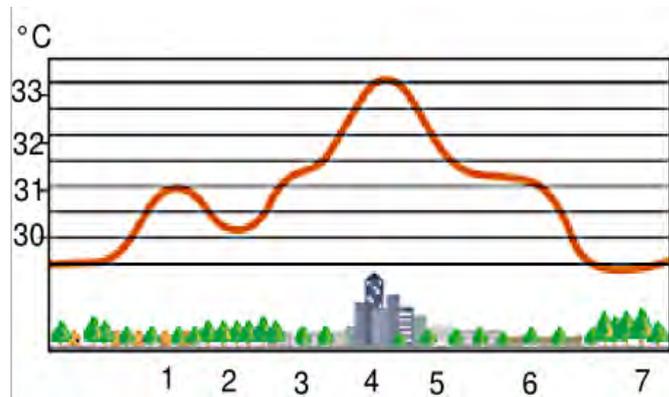


圖 8 市區與郊區環境差異

根據上述原理，針對本研究的結果探討如下：

### 一、網路資料分析部分

#### (一) 各測站溫度曲線變化

根據圖 4，整體而言，各測站氣溫變化趨勢大致相同，呈現以日為週期的循環，各測站之間氣溫分布的差距在一月（冬季）時較小或集中，主要介於 13~23°C 的範圍，而七月（夏季）時部份時期中出現特定測站氣溫較突出或較大變動，主要介於 25~35°C 的範圍。各測站雖看似有一致的變化趨勢，但各測站經後續之市區與郊區配對分析其間溫差之後，市區與郊區間氣溫差異的型態將會突顯出來。

#### (二) 市區與郊區之間平常日氣溫差異的變化

圖 5 呈現的是市區測站與郊區測站兩兩配對呈現二者之間一日 24 小時逐時溫差的結果，由於假日人為活動型態與平常日不同，故未將假日納入分析，針對一特定小時，例如中午 12 時，以一月份 23 天（扣除假日後）共 23 個中午 12 時的溫差計算出平均、最大、最小值，七月亦同。

根據熱島效應市區溫度高於郊區之現象，預期此處的溫差變化曲線應呈現大於 0 (市區減郊區)，又依據中午過後地表累積過剩能量、溫度達最高，該曲線應呈向上彎曲型態。符合此預期者僅有鳳山-林園七月的配對(圖 5b)，一月雖呈向上彎曲型態，但溫差平均值大多小於 0，表示林園的冬季氣溫較鳳山高。可能原因是林園較鳳山偏南，東北季風對較北邊的鳳山降溫的影響較大，或林園較近海，因海水比熱大、降溫慢而調節海岸地區氣候，使溫度下降較鳳山略暖。鳳山-橋頭一月的配對(圖 5c)也反映相當程度的熱島效應，因二地溫差值的平均全天 24 小時皆大於 0。

除鳳山-林園七月之外，多數圖 5 中的溫差曲線變化呈現午間到午後溫差趨向負值的下凹型態，七月(夏季)此下凹程度更明顯，午間到午後這段時間的溫差與預期的熱島效應現象相反，至於夜間部份，一月(冬季)溫差平均值則大多大於 0，符合都市在冬季夜間因建築物叢聚、熱不易擴散而郊區因空曠、散熱快的現象。午後這段時間郊區氣溫反而比市區更高的原因，很可能導因於各測站儀器所在位置的环境，根據圖 3，多數測站儀器皆設置於水泥屋頂，但市區測站周邊環境鄰近河流(如前金)、或校園樹林(如復興)，使其升溫不如郊區測站明顯。其中河面會反射陽光以及空間較為開放廣闊，不易蓄積熱量。邱英浩(2009)指出都市中常見之綠地、植栽、透水性鋪面及水體等，都具大熱容量之物理特性，可有效的吸收大量的熱量，並藉由蒸發散的功能促使空氣溫度降低。

撇開測站位於市區或郊區中，就其所在地點之環境狀況而言，是符合熱島效應現象的，亦即多水泥、柏油鋪面的環境吸收太陽輻射熱的程度高於鄰近有水體、樹林的環境，而太陽輻射在午間至午後與夏季比較強，吻合圖 5 中多數溫差變化曲線的結果，尤其橋頭測站，周邊皆為水泥或磚塊鋪面，午後(尤其夏季的)升溫程度都明顯高過位在市區裡的測站，如前金-橋頭(圖 5e、f)與復興-橋頭(圖 5g、h)。

標準差大小反映溫差的變動範圍，從圖 5 可以發現午後至午間時段標準差多半較其他時段大，代表此時段氣溫較可能遽升(如陽光較直射)或明顯下降(如夏季午後雷陣雨)，若全天的標準差大小近似且標準差的值小，則表示兩地物理環境性質近似且無其他天氣事件干擾，呈現之溫差較可能是市區與郊區之間的熱島效應。另外，都市的人為經濟活動也可能造成氣溫較郊區高，如復興-大寮測站七月的溫差(圖 5j)，平均值在上下班時間大寮高於復興，可能就是受到此時進出大寮的上下班車流的熱廢氣影響。

### (三) 市區與郊區之間週一至週日氣溫差異的變化

為了瞭解平常日(週一至週五)與假日溫差變化的型態是否不同，繪製了圖 6，以週一中午 12 時為例，以一個月中四個週一中午 12 時的溫差計算其平均值並搭配最大、最小值，得到每張圖中的三條曲線。

平常日與假日溫差變化型態較明顯的有：鳳山-林園測站的一月(圖 6a)、復興-大寮測站的一月(圖 6i)，平常日的溫差高峰到了假日轉為平緩，假日期間溫差呈現與平常日完全不同的型態，此結果為人為活動影響氣溫提供了相當有力的證據，假日

不上班的生活型態以及工作場所的空調或其他機具運轉的廢熱、通勤汽機車的熱廢氣都在假日明顯減少，使得假日時市區氣溫未明顯高於郊區。

值得一提的是，鳳山-橋頭的七月（圖 6d）假日（特別是週日）時最大值與最小值之間的差距變大，可見有發生於假日期間的事件干擾，最大值升高部分，亦即橋頭氣溫更顯著高於鳳山，可能與橋頭屬觀光地區、假日遊客車潮湧入有關，但最小值部分，什麼原因使得鳳山氣溫更顯著低於橋頭，除降雨之外，尚無較合理之解釋。

#### (四) 各測站與同一背景測站之間的溫差

林園站是唯一靠海測站，有較佳的散熱條件且較遠離高雄市區，適合與本研究選定的其他測站作對照，以凸顯各測站週一至週日的溫差變化型態是否有平常日與假日之明顯差異。呈現此型態上差異的有：前金-林園一月（圖 7a）、橋頭-林園一月（圖 7e）、大寮-林園七月（圖 7h），這些測站配對皆呈現平常日有明顯的週期性溫差高峰、假日則無的型態差異，其中前金測站（位於市區）原先與橋頭測站（位於郊區）的配對比較中並未如預期反映出高於橋頭的氣溫，但將前金測站與林園測站（作為背景測站）比較後，仍然顯現出其可以識別的人為經濟活動影響，亦即每日週期性高溫的型態僅在平常上班日有，假日則無。而橋頭與大寮雖位在高雄市區外圍郊區，但與林園（背景）測站對照的結果顯示，橋頭與大寮其實也具有相當程度的都市化或商業活動。

## 二、實測資料部分

如圖 9 所顯示，位在郊區的本校氣溫大致與郊區的學校近似，溫差平均  $0.26^{\circ}\text{C}$ （標準差  $1.18^{\circ}\text{C}$ ），由於每日僅測量 09:05、14:05、17:15 三個時段，無法完整呈現溫度變化趨勢。另外與同時期氣象局資料的變化趨勢比較可知，實測得到的氣溫變化趨勢大致與氣象局資料一致，表示實測之溫度某種程度反映了高雄地區的氣溫變化。

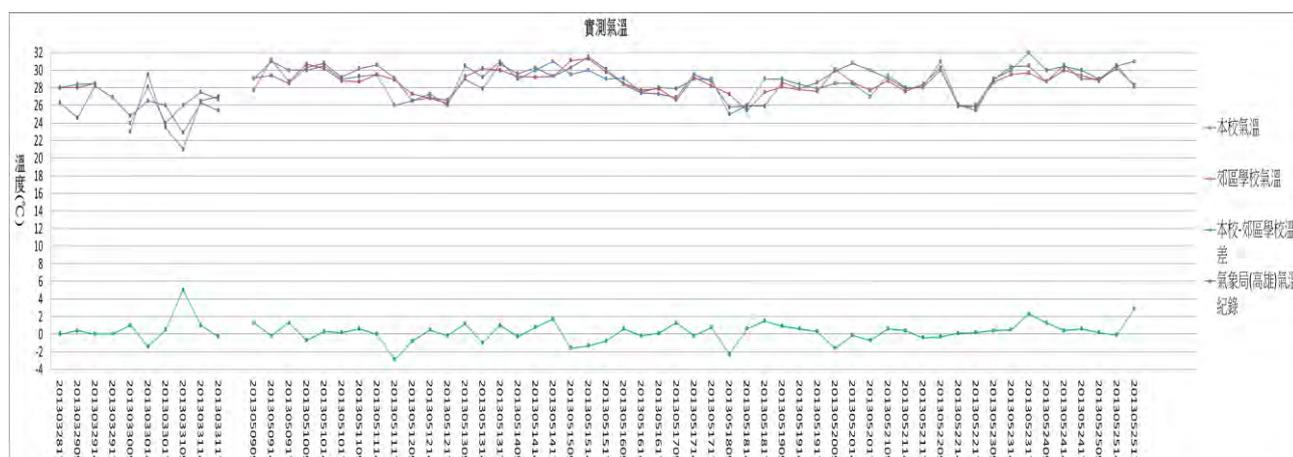


圖 9. 本校與郊區學校校門口氣溫實測

## 柒、結論

根據本研究所收集的 2011 年各測站數據分析結果，本研究初步獲得以下結論：

- 一、整體而言，市區與郊區之間的溫差最大值，一月平均為 3.2°C，七月為 5°C，一月（冬季）部分與林憲德等人（2001）實測高雄地區熱島效應強度為 3.4°C 近似。以溫差幅度大小而言，高雄地區熱島效應在夏季時較為明顯，但以每日 24 小時的變化而言，午間或午後溫差幅度增大也可能是冬季時熱島效應的呈現。
- 二、測站位於市區或郊區中並不必然代表其具備市區或郊區「整體」環境的性質，從其溫度反映出的訊息中比較多的是測站儀器設置點「局部」的物理環境狀況，因此會出現郊區測站氣溫高於市區測站的現象，尤其是午間至午後時段。但透過與較偏遠、大氣散熱條件較佳的背景測站比較之後，仍凸顯出市區測站因人為經濟活動帶來、僅出現在平常日的週期性高溫循環。另外，市區測站在冬季的夜晚大多都高於郊區測站，此結果則合乎正常原理。
- 三、因冬季整體環境皆低溫，人為經濟活動對環境的熱影響在冬季較明顯，呈現相當明顯的平日與週末假日溫差變化型態的差異，可運用冬季的資料分析有關交通、商業營運等來源的廢熱污染，除復興-大寮測站七月的對比顯現出上下班時段有明顯溫差之外，其他測站配對中未發現交通通勤時段造成的熱島效應。
- 四、午後 12 至 14 時之間溫差變化幅度較其他時段大，除了陽光輻射較強、地表熱能累積的因素之外，其他造成溫度變化的事件仍不清楚，特別是由空調廢熱或風景地區觀光車潮造成的熱島效應在這樣的溫差中貢獻有多大值得進一步探究。

由於熱島效應現象在本研究的四個測站與不同季節中未能一致地呈現，因此提出下列建議以更加確認熱島效應的現象：(1)可收入更多其他測站或屏東測站進行比較；(2)未來可進行涵蓋夏季與冬季之長時期溫度實測，確認熱島效應在不同季節的展現程度。

## 捌、參考資料

### 一、引用文獻

1. 中央氣象局。氣候統計/30 天觀測：<http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/30day/30day.htm>
2. 邱英浩（2009）。都市水域空間對周圍熱環境舒適度影響之研究。都市與計劃，36(2)，173-199。
3. 林憲德、郭曉青、李魁鵬、陳子謙、陳冠廷（2001）。台灣海岸型城市之都市熱島現象與改善對策解析—以台南、高雄及新竹為例。都市與計劃，28(3)，323-341。
4. 姜善鑫（1994）。台北地區都市熱島效應及風場之研究，國科會專題研究計畫報告，NSC82-0421-P-002009-zC6。

5. 環保署。空氣品質監測網：<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/YearlyDataDownload.aspx>

## 二、圖片來源

圖 1：昔日東方電子報 - 熱島效應港九晚間溫度高

[http://orientaldaily.on.cc/cnt/news/20100816/00176\\_011.html](http://orientaldaily.on.cc/cnt/news/20100816/00176_011.html)

圖 2：Google 地圖 <http://maps.google.com.tw/>

圖 8：維基百科(Wikipedia) - 熱島現象：

<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%86%B1%E5%B3%B6%E7%8F%BE%E8%B1%A1>

## 【評語】 040510

這是一個長久以來受到許多關注的老課題，也與生活息息相關，是鄉土性很強的作品。可惜研究站址的選擇都集中在高雄大都會區，只使用環保署的觀測資料，偏重都會區的人為活動，未能真實的反應出熱島效應的特徵，也未能掌握熱島效應產生的日夜變化。此外，在進行溫度的實際量測工作中，使用的溫度計精度不足，可以再加改進。學生若能多參考前人的相關研究，可以大幅增進研究的深度與水準。

1. 由在地議題出發，發掘生活中的科學及驗證，精神可嘉。惟觀測資料引述較為不足，熱島效應的影響因素推測居多。可考慮採用更為精確、涵蓋範圍更廣，並針對推測的影響因素進行驗證。如實地監測車流輻、衛星資料分析區域的等溫線封閉狀況（界定高溫區）。
2. 議題生活化，有實用價值。團隊分工，野外工作量大。資料蒐集全面，分析欠精準，結論清楚但發揮不足，有深入探討的潛力。

