

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

都市綠地特性對其減緩都市熱島效應之成效研究－台北市
各型綠地溫度影響範圍之初探

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2415-H-034-006-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中國文化大學景觀學系暨研究所

計畫主持人：張琪如

計畫參與人員：李欣蓉

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

都市綠地特性對其減緩都市熱島效應之成效研究

- 台北市各型綠地溫度影響範圍之初探

Green-space characteristics and effectiveness in relieving

urban heat islands (III) – A preliminary study of

green space impact radii in Taipei city

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 94 - 2415 - H - 034 - 006 -

執行期間： 94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

計畫主持人：張琪如

共同主持人：

計畫參與人員：李欣蓉

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

摘要

都市氣候中最顯著的現象即都市熱島效應。都市熱島的影響包括影響居民身心健康、塵罩效應使都市空氣污染惡化等，而因使用冷氣增加能源消耗，不但違反永續生態原則，還間接促使溫室效應惡化。目前世界人口有快速都市化的趨勢，據聯合國估計，2030年世界人口約會有61%居住在都市地區，都市熱島效應的嚴重性與其政策考量的重要性必將逐日提升。

減緩都市熱島的各種策略中，以都市綠化的成效最為顯著。但是，都市綠化政策的執行在都市規劃與綠地設計等層面的諸多考量因素對綠地減緩都市熱島成效的影響至今尚屬未知。

本系列研究以「點、線、面」之研究主軸以田野調查之方式逐步對台北市區內的熱島效應建立資料，其中第一期研究以台北市公園為研究主題，研究公園面積與配置對該公園冷島強度與其周邊延伸效應之影響，第二期研究以台北市道路綠地為研究主題，研究道路特性對該道路冷熱島強度與其週邊延伸效應之影響，本期為第三期研究，以台北市主要街廓區為研究主題，以移動式測量法研究都市內冷熱島之空間分布，以期對街廓與綠地之空間結構對都市內冷熱島之影響作一探討。

研究結果顯示，都市中不同地區之冷熱島強度不但隨空間改變，還會隨時間改變，而且受不同調查日期影響大於空間之差異。由於景觀設計與規劃尺度所需要之空間資訊，在資料的解析度方面必須要精細到 10^0 至 10^2 公尺方能提出科學證據輔佐規劃與設計，都市內熱島強度此一時空變異之特性無異對空間資料的收集方面形成一艱鉅的挑戰。因此，本系列研究未來幾年內將專注於時空變異下之空間抽樣設計方法之比較與研究。

關鍵詞：都市熱島效應，都市綠化，都市規劃，綠地設計，永續都市

Abstract

The most prominent characteristic of urban climate is the urban heat island. Urban heat islands not only affect the well being of city residents through an uncomfortably warm environment, it also worsens air pollution through the dust dome effect. In addition, the increased use of air-conditioning under warm conditions not only violates the principles of sustainability, but also contributes to the green house effect. With the world's population rapidly urbanizing, and a projected 61% of the world's population living in cities and towns by 2030, the seriousness of the urban heat island and the importance of its consequences in the process of policy making will certainly intensify.

Among the various strategies for relieving the urban heat island, the increase of green space has been found most effective. However, the effects of various green space considerations in the urban planning and landscape design process on their effectiveness in relieving urban heat islands are still unknown.

This study is part of a series of studies in which the urban heat island effect within Taipei city is systematically studied, using "points, lines, and surface" as our study objects. In the first year, we studied the local cool/heat island effects of urban parks; in the second year, we studied the local cool/heat island effects of urban streets; and in this year, we studied the cool/heat islands within the area crisscrossed by major streets used a moving measurement method.

Results showed that the urban cool/heat island effects within the studied area not only changed across space, but also changed with time, and was particularly vulnerable to the conditions of different measurement dates. Because the planning and design of the urban landscape requires information at the scale of 10^0 to 10^2 meters, and would require much work and time to cover a significant area, such temporal and spatial variation in the data would pose a great challenge to spatial data collection. It would therefore be the objectives of subsequent studies to the comparison of different spatial sampling methods to overcome such temporal and spatial variance.

Keywords: Urban heat island effect, urban greening, urban planning, green space design, sustainable cities

1. 前言與文獻探討

都市氣候中最顯著的現象，即氣溫較周圍郊區高約 2°C，亦即一般所謂的「都市熱島效應」(Oke 1995; Taha 1997)。都市熱島的嚴重性(熱島強度)一般與都市規模、都市人口與人口密度成正相關(Oke 1973; Brazel et al. 2000)，最高可達約 10°C (Zipperer et al. 1997)。台灣地區位處亞熱帶，夏季氣溫原本就高，而台灣大都會區因都市熱島效應夏季市中心與市郊的最高氣溫差可高達 4.5°C (林憲德等 1999)，使台灣都會區的夏季更顯悶熱難耐。目前世界人口有快速都市化的趨勢，都市地區的人口正以每年 2.4% 的速度成長。據聯合國估計，2030 年世界人口約會有 61% 居住在都市地區 (UN 1997)，都市熱島效應的嚴重性與其政策考量的重要性必將逐日提升。

台灣本土的都市熱島研究成果可分作三種不同的時空尺度解析。以區域尺度言，台灣都市熱島強度與人口成正相關(姜善鑫等 1995；林憲德等 2001)，與國際文獻的結果一致，但在相同的人口條件下，熱島強度明顯偏低，推測應與國際文獻偏重已開發之溫帶地區，而該區於冬季使用人工熱較高，都市熱島強度以冬季最強，而台灣地區的都市熱島以夏季為最高，型態與國際主流文獻不同(林憲德等 1999)。以都市發展尺度言，都市熱島強度隨都市化發展過程漸增，其中氣溫的升高與電量、人口密度、機動車輛總數與道路面積等呈正相關，而與水田面積呈負相關(徐森雄、唐琦 1994)。而以都市熱島在都市內的空間分佈言，則發現海岸地型的都會區如台南、高雄等，深受海岸氣候影響，熱島中心由白日位於內陸，至夜晚移向海岸，而盆地型的台北與台中，則因面積、發展程度與衛星都市的興起而異，台中的熱島較集中，而台北的熱島則呈多峰分布(姜善鑫等 1995；李魁鵬等 1999)。而在都市內的土地使用上，發現人工物有升溫的效果而綠地有降溫的效果，其中大型綠地與園道對於緩和都市熱島效應具有關鍵性的影響(林憲德等 1999；林憲德等 2001)。以台北市大安區而言，1992 至 93 年姜善鑫等調查時被列為熱島中心(姜善鑫等 1995)，至 1998 年林憲德等調查時則發現為較低溫地區(李魁鵬等 1999)，推估有可能與兩研究的樣本空間分布不同有關，但也可能與大安森林公園與許多鄰里公園綠地於此段時間設置有關。

造成都市熱島效應的因素很多，包括都市中高樓林立，不但增加輻射能的反射次數使之難以脫離都市範圍，還阻礙了風的流動，另一方面都市中表面物質的熱傳導度與熱容量也較高，還有因為人口密度高，居民活動釋放高度的熱能與污染物等等(Oke 1995; 歐陽嶠輝 2001)，都使得都市中熱能集中，不但白天較周圍郊區熱，連晚上的溫度也較周圍郊區來得高(Ca et al. 1998；林憲德 1999)。改善都市熱島的方式也很多，其中以都市景觀規劃的角度言，改變鋪面顏色與都市綠化最為可行。

綠地與都市溫度之間關係的文獻中一般從兩種不同層面探討：大尺度的都市綠地面積與小尺度的植物層面。植物層面的探討，又以樹木對溫度的影響為主。樹木可以降低

溫度的原因主要有二。第一，樹冠可以吸大量輻射能，並藉由遮蔭的效果降低小範圍週遭的溫度。第二，樹木可以藉由蒸散作用（植物在光合作用的過程中吸收土壤中的水分，由葉片表面蒸發至空氣中）將周圍空氣中的熱能轉為潛能，藉此降低較大範圍週遭的溫度。過去研究顯示，一棵大樹每日蒸散 450 公升的水量，消耗 230,000 千卡，相當於約 5 部冷氣空調機運作 19 小時的能量（Federer 1970）。也因此，蒸散作用所造成的降溫效應可以使綠地附近的溫度較周圍低約 2-8°C（Taha et al. 1991），形成都市熱島中的冷島。以更大空間尺度考量，一個在東京都會區的模式推估研究顯示，將建築物附近綠化可以使正午氣溫降低效果達 0.47°C（Dhakal 和 Hanaki 2002），而美國 Dayton climate project 的結果顯示，估計都市熱島效應所提昇的溫度中約有 25-50% 可以藉由植栽獲得減緩（Rowntree et al. 1982）。Rosenfeld 等人（1995）估計美國如果全國的都市中都使用淺色表面與植樹等措施，每年可以減少 108 BkWh 的使用電量，以 1990 年的幣值估算，每年可以節省約一百億美元，而且每年可以減少 27 Mt 的碳被釋放到空氣中，減緩溫室效應的增加速度。綜合以上研究結果，可見植栽與綠化對減輕都市熱島效應的效果與潛力。但是，都市綠化政策的執行在都市規劃與綠地設計等層面的諸多考量因素對綠地減緩都市熱島成效的影響至今尚屬未知，因此都市綠化在執行過程中對於改善都市熱島之考量大多停留在採一般性原則與猜想的階段。

2. 研究目的

本系列研究以「點、線、面」之研究主軸以田野調查之方式逐步對台北市區內的熱島效應與綠地之間的關係建立資料，以期建立都市綠化執行層面之科學參考依據。其中第一期研究以台北市公園為研究主題，研究公園面積與配置對該公園冷島強度與其周邊延伸效應之影響；第二期研究以台北市道路綠地為研究主題，研究道路特性對該道路冷熱島強度與其週邊延伸效應之影響。本期為第三期研究，以台北市主要街廓區為研究主題，以移動式測量法研究都市內冷熱島之空間分布，以期對街廓與綠地之空間結構對都市內冷熱島之影響作一探討，目標有六：

（一）逐年建構台北市內綠地各種特性的數位地理資訊資料庫（本年度延續前兩期計畫陸續建構測點周圍之各式綠地之形式、面積、綠覆率等資料）；

（二）以約 10¹m 尺度的解析度推估出台北市區內主要街廓區內的都市內冷熱島強度分布圖；

（三）以此分布圖探討台北市內各冷熱島中心之強度與該中心附近土地使用間之關係；

（四）以此分布圖探討台北市內各冷熱島中心之強度與該中心與不同綠地相對於風向的相對位置間之關係；

（五）估算不同面積與類型綠地之溫度影響範圍；

（六）逐年建構「都市綠地減溫影響範圍模式」，搭配上上述資料庫，推估台北市區

內以減緩都市熱島效應為考量的綠地規劃與配置改良之建議分布圖。

3. 研究方法

本研究以台北市內主要街廓為探討對象，以移動觀測法於夏冬兩季午間與夜間調查該範圍內樣本街道延線之氣溫，同時紀錄道路兩側土地使用與道路高寬比等資料，以建立都市內冷熱島分布圖之基礎資料。

3.1 研究地區

台北市位於台灣北部台北盆地，總面積 271.79 平方公里，四周均與台北縣交界，北、東、南三面環山，西側臨淡水河。台北市之地理區位屬亞熱帶海洋性氣候，夏季長，冬季短，近 10 年全年平均氣溫約 23°C，年平均約 160 日，夏季尤為溼熱。台北市人口總人口數 261 萬，其中主要集中在松山、信義、大安、大同、中山、中正及萬華等七區內，其人口密度每平方公里內皆超過一萬五千人。

為求增高調查效率以增高解析度，本次調查區域為基隆河以南、拇指山區以西、蟾蜍山以北，以及台北市西界（淡水河、新店溪）以東所圍出之台北市主要街廓區為調查研究範圍，範圍包括大同、中山、松山、萬華、中正、大安與信義七個人口主要分布區。

3.2 調查方法

本研究以上述台北市主要街廓區之服務道路（不包含主要道路之街道與巷道）為研究主體，原本應以調查範圍內所有的點為母體，唯為考量地理資訊系統製圖方便，以樣本服務道路與所有巷道之交叉點附近約一兩公尺，得以避開巷口亂流之處為樣本，測量當地當時之氣溫與風速、風向。樣本服務道路的選擇，則先篩選可以南北向或東西向貫穿調查範圍之街道或巷道（包含單行道之考量），再選取沿路會行經公園綠地者，一共選取了 12 條南北向與 12 條東西向的街、巷道，共 24 條，將調查範圍作一類棋盤式的調查。

由於調查曠廢時日，而每天的氣溫均可能不同，因此每筆氣溫資料均以中央氣象局氣象站之每時氣溫為比對資料，利用內差法估算該氣象站同一時間之氣溫，再以每個調查測點之氣溫扣去氣象站參考氣溫得一都市內冷熱島強度相對值。由於台北近郊之陽明山氣象站位處山區，而淡水氣象站處河口受海洋影響較台北明顯，兩者的氣候條件均與台北市區不同，因此決定選取同處台北市區內的台北氣象站為參考點。

由於本次計畫涵蓋範圍較廣，因此雖沿用前兩期的方式採移動式測量法，但移動方式改以機車進行之，於夏季（西南季風）與冬季（東北季風）兩個不同期間，選取無降雨之日，於中午十一時至三時與夜間九點至一點的兩個時段內，以隨機抽樣訂定之順

序，沿上述樣本服務道路移動，每遇到一巷口就在附近避開亂流之處進行測量。測量時將儀器置於離地約 2m 處，測量氣溫與風速、風向。頭一次調查時同時紀錄該處之位置（以便於其他時段找到同一地點）、土地使用與樓層高度。因此，夏冬季日夜間四個時段所使用之測點均相同。

由於台北地區常受降雨影響，能進行調查之日期受限，又因為調查尺度精細，調查風速風向又需於每一測點停留數分鐘等待儀器測值穩定，以致調查耗費時日，因此本研究以「都市內相對冷熱島強度之空間分布於同一季節、同一時段內相對穩定」為假設，選擇強化空間解析度而放棄每一點的重複調查，因此每一個測點於夏季與冬季的中午與夜晚四個時段內均只各做一次測量。

4. 結果與討論

本研究共調查 24 條樣本服務道路，1766 個樣點，四個時段共 $1766 \times 4 = 7064$ 個測量值，樣本遍及七個行政區（圖一至四）。將此 7064 個測值經由對應相同時間台北氣象站氣溫比對，估算出每一測點之都市內相對冷熱島強度值，由地理資訊系統以漸層顏色展示（圖一至四），可以明顯發現一個現象，即相對都市熱島強度較強的地區是以很長的線性呈現，而非想像中的以區塊呈現，而且四個時段皆如此。由於同一交叉點可以出現一個方向為強熱島，另一方向熱島強度明顯較低，而且強熱島街道並無一致的方向性（時而為南北向，時而為東西向），因此可以排除優勢風廊效應的可能影響，而趨向以一串線性調查的資料與另一串資料之間本身即具備相當程度的差異思考之。所以此一現象最可能解釋為，即使是以固定地點（中央氣象局台北測站）之同時間資料為參考基準計算出每一測點之都市內相對冷熱島強度，此一都市內相對冷熱島的強度還是受不同日期之氣象狀態影響非常強烈，使得隨調查日期不同所產生的時間變異高於受都市結構影響之空間變異。因此，以精細間隔作系統取樣的單次調查受時間變異影響劇烈，並不足以忠實呈現空間上的變異。

若將時間變異控制在單日之內，以單一串線性資料看，則反而可以發現一些空間現象：

- 一、都市中的氣溫確實可以觀察到區段性的變化，某些區段的氣溫整體較高，某些區段的氣溫整體較低（圖五）。
- 二、都市中氣溫的空間變異情況較原先預期的還要大。原本在分析第一期資料的過程中以為氣溫在空間上的跳動劇烈是因為調查間隔過細，氣溫本身變化不大，以致變異量受單一冷熱源影響明顯（例如經過之汽車排熱），因此以為將測量間隔拉大至 10^1 至 10^2 m 的尺度，溫度的空間變化應較為平緩，結果還是有上下跳動的現象（圖六）。至於此一變異究竟是空間上實際具備的差異，還是因為隨機的時間因素影響，則有待進一步了解。

三、綠地旁服務道路內之氣溫與兩端氣溫相比可以分四類型：

- (1) 明顯較兩端低，為局地冷島型（圖五南側算起第二個公園之夜間資料）。
- (2) 明顯較兩端高，為局地熱島型（圖六東測算起第三段公園與學校之日間資料）。
- (3) 兩端氣溫一邊高一邊低，綠地旁呈過渡型（圖五南側算起第一個公園之日間資料）。
- (4) 與兩端氣溫無明顯差異，可能為實況，也可能是解析度所致。

四、當一綠地涵蓋範圍較廣闊，旁邊有數個測點時，可以發現單一綠地旁之測點本身之間會就有明顯的溫度變化（圖五南側算起第二個公園之日間資料）。

因此目前進行中的第四期計畫（95 年度）將把資料於空間中打散，以採樣的方式以較小空間尺度將上述資料作進一步分析，可望於明年此時提出小尺度分析之成果。

5. 計畫成果自評

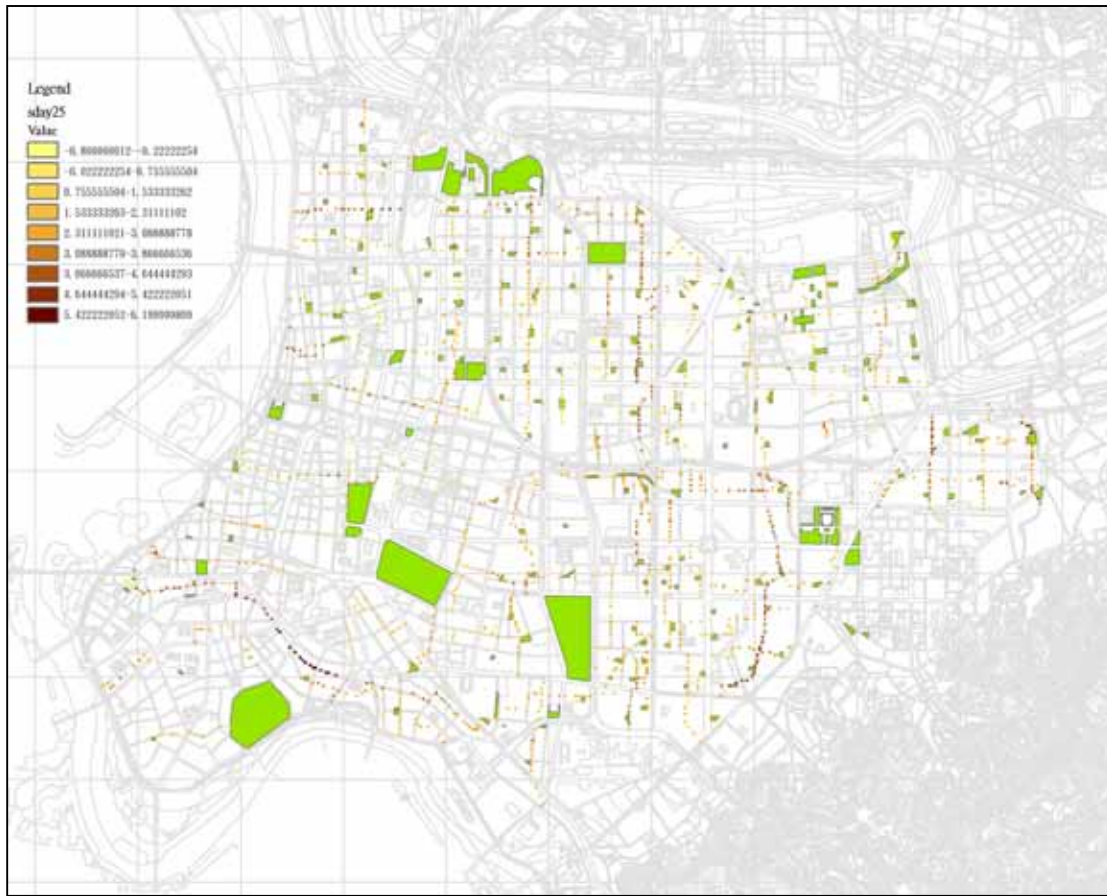
本計畫前兩期以採樣的方式代表不同的公園綠地與道路進行都市局地冷熱島與綠地之間關係之研究，因此可以用統計的方式從時間與空間的變異中捕捉住一些空間因素加以解釋。本期計畫原本試圖從整體空間結構著手，以探討都市與綠地空間結構對都市內冷熱島強度的影響，但為配合綠地尺度之考量，選取強化解析度而犧牲每一測點於同一季節與時段中不同日期上的重複，結果造成了時間上的偽重複，受到時空聯合變異的影響，形成分布圖不能使用的結果。

唯考量景觀設計與規劃尺度所需要之空間資訊，在資料的解析度方面必須要精細到 10^0 至 10^2 公尺方能提出科學證據輔佐規劃與設計，都市內相對冷熱島強度此一時空聯合變動之特性無異對空間資料的收集方面形成一艱鉅的挑戰。因此，本系列研究未來幾年內將專注於此一時空聯合變動現象下不同空間抽樣方法間比較的研究，企圖在花長時間完成都市內相對冷熱島強度分布圖的同時，對空間調查的方法論述上同時能有所貢獻。

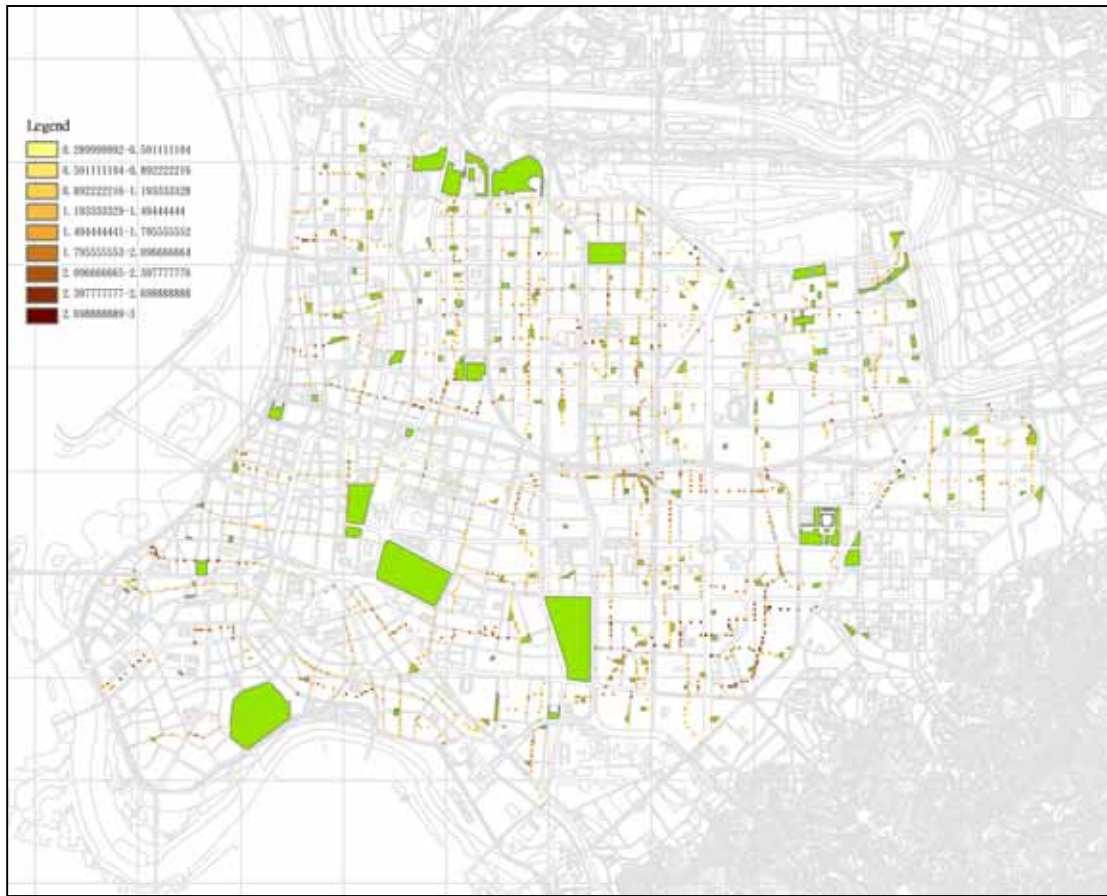
6. 參考文獻

- 李魁鵬，林憲德，林立人，郭曉青，陳子謙。1999。臺灣四大都會區都市熱島效應實測解析(2)--夏季都市熱島時空分佈特性之初步解析。建築學報 31: 75-90。
- 林憲德。1999。城鄉生態。詹氏書局。
- 林憲德，李魁鵬，陳冠廷，林立人，郭曉青，陳子謙。1999。臺灣四大都會區都市熱島效應實測解析(1)--國內外都市熱島強度之比較。建築學報 31: 51-73。
- 林憲德，郭曉青，李魁鵬，陳子謙，陳冠廷。2001。臺灣海岸型城市之都市熱島現象與改善對策解析--以臺南、高雄及新竹為例。都市與計劃 28(3): 323-341。
- 林憲德，陳冠廷，郭曉青。2001。臺灣中型都市熱島現象與土地利用之觀測解析。規劃學報 28: 47-64。

- 姜善鑫，盧光輝，武克茂。1995。臺灣西部地區都市熱島效應之研究。國立臺灣大學理學院地理學系地理學報 18: 23-34。
- 徐森雄，唐琦。1994。臺北市之都市化對氣溫變化之影響。氣象學報 40(4): 296-300。
- 歐陽嶠輝。2001。都市環境學。詹氏書局。
- Brazel A, Selover N, Vose R, Heisler G. 2000. The tale of two cites – Baltimore and Phoenix urban LTER sites. *Climate Research* 15: 123-35.
- Ca VT, Asadea T, and Abu EM. 1998. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. *Energy and Buildings* 29: 83-92.
- Dhakal S, Hanaki K. 2002. Improvement of urban thermal environment by managing heat discharge sources and surface modification in Tokyo. *Energy and Buildings* 34: 13-23.
- Federer CA. 1970. Effect of Trees in Modifying Urban Microclimate. In: *Trees and Forests in an Urbanizing Environment Symposium*. Amherst: Co-operative Extension Service, University of Massachusetts.
- Oke TR. 1973. City size and urban heat island. *Atmospheric Environment* 7: 769-79.
- Oke TR. 1995. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. In: *Wind Climate in Cites*. J.E. Cermak ed. pp.81-107. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Rosenfeld AH, Akbari H, Bretz S, Fishman BL, Kurn DM, Sailor D, Taha H. 1995. Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. *Energy and buildings* 22: 255-265.
- Rowntree RA, Sanders RA, Stevens JC. 1982. Evaluating urban forest structure for modifying microclimate: the Dayton climate project. In *Proceedings of the Second National Urban Forestry Conference*. pp. 136-142. Washington, D.C.: American Forestry Association.
- Taha H. 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and Buildings* 25: 99-103.
- Taha H, Akbari H, Rosenfeld A. 1991. Heat island and oasis effects of vegetative canopies: Micrometeorological field measurements, *Theoretical and Applied Climatology* 44: 123.
- UN (United Nations). 1997. *Urban agglomerations 1996*. UN Population Division, New York: United Nations.
- Zipperer WC, Foresman TW, Sisinni SM, Pouyat RV. 1997. Urban tree cover: an ecological perspective. *Urban Ecosystem* 1:229-47.



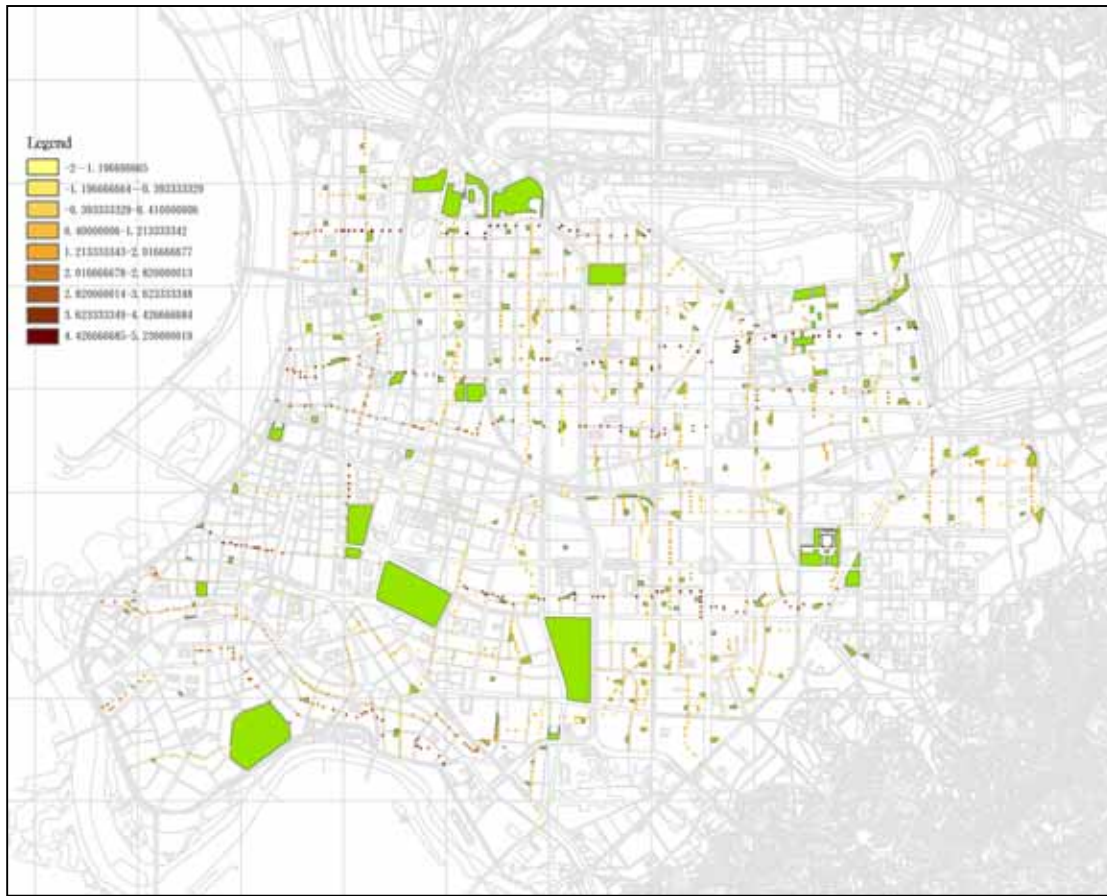
圖一 夏季中午台北市區內相對冷熱島分布圖



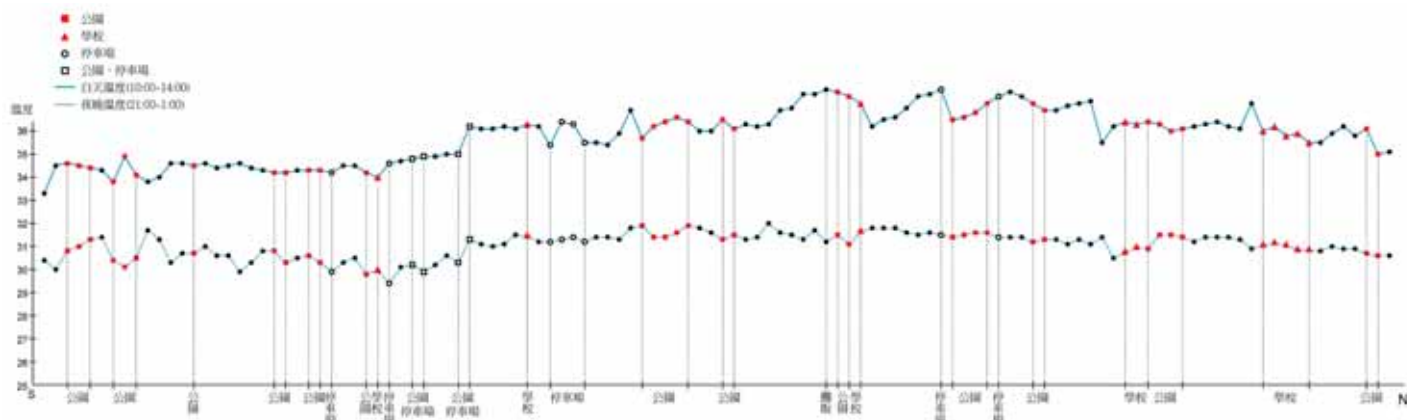
圖二 夏季夜晚台北市區內相對冷熱島分布圖



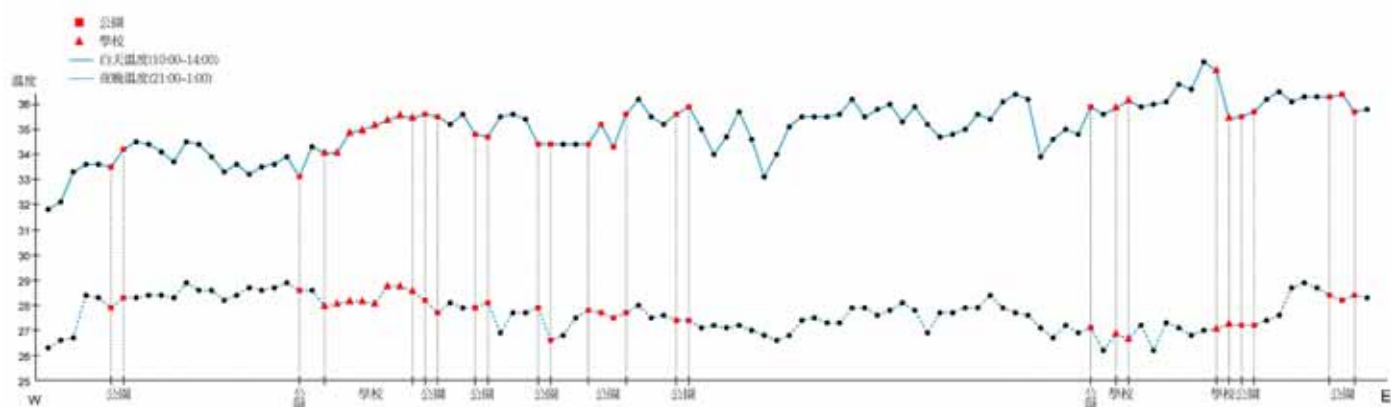
圖三 冬季中午台北市區內相對冷熱島分布圖



圖四 冬季夜晚台北市區內相對冷熱島分布圖



圖五 台北市區內某一南北向貫穿市區之夏季街道氣溫調查與綠地對應圖



圖六 台北市區內某一東西向貫穿市區之夏季街道氣溫調查與綠地對應圖