

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(II)-台北市
市道路綠地與道路熱島效應關係之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2415-H-034-006-

執行期間：93年08月01日至94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：陳恩右

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 24 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 (二)

—台北市道路綠地與道路熱島效應關係之探討

Green-space characteristics and effectiveness in relieving urban heat

islands (II) – The role of roadside green space in Taipei city

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 93 - 2415 - H - 034 - 006 -

執行期間： 93年 8月 1日至 94年 7月 31日

計畫主持人：張琪如

共同主持人：

計畫參與人員：陳恩右

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。

本研究計畫第一期研究探討台北市公園面積對其冷島效應延伸範圍之影響，本年度第二期則以台北市道路綠地為研究對象，利用航照圖與田野調查搭配地理資訊系統與統計模式分析等方法達成五項目標：(1) 逐年建構都市綠地特性之地理資訊資料庫；(2) 探討道路特性、道路週邊特性、道路綠地的面積與樹木遮蔽率與道路溫度之關係；(3) 探討上述因子與道路週邊溫度之關係；(4) 探討前述因子與道路週邊溫度影響距離之關係；以及(5) 逐年建構「都市綠地減溫影響範圍模式」。

研究結果顯示都市主要道路之局地氣溫受道路特性影響夏季較冬季明顯，約可解釋40%之局地溫差變異量，而服務道路內之局地氣溫受主要道路影響明顯，以主要道路特性以及服務道路與主要道路之相對關係可於夏季與冬季白日解釋約62%之局地溫差變異量，夜晚則可解釋約52%之局地溫差變異量。由此可見，改善都市微氣候由改變道路著手效果應屬可期。可以改善之項目以街道景觀設計言包括提昇道路的綠覆率與透水率，以都市設計言包括減少道路的開闊度與增加道路的風速。

關鍵詞：都市熱島效應，道路綠地，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.

We studied the effects of roadside green space on relieving the heat on roads, using aerial photography, field studies, geographic information systems, and statistical analysis. The objectives were: (1) build a geographical data base of green space characteristics; (2) study the relationship between road characteristics, including traffic characteristics, road-side land-use, the area of road-side green space and the area shaded by street-trees, and the air temperature of the roads, road-side neighborhoods, and the radius of their temperature influence range; and (3) build a model to predict the influence of a green space on the temperature of its surroundings, including the relief of local heat islands such as roads and the active reduction of neighborhood temperature.

Results showed that the local temperature differences between major roads and their local reference points are affected by road characteristics, and this influence is stronger in the summer than in winter, with 40% variance explainable. The local temperature changes in alleys stemming from the major roads are highly influenced by these roads, such that in day time, 62% of the variance in local temperature differences can be explained by major road characteristics and the spatial relationship between the alley and the road. The explainable variance drops slightly to 52% in nighttime. In conclusion, we find that modifying major roads is a promising measure for mediating urban heat islands. Such modifications include increasing the green cover and permeable cover of major roads, decreasing road openness, and increasing wind speed in the major roads.

Keywords: Urban heat island effect, road-side green space, 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℃，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℃ (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℃ (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 (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 (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。

由於都市中可設置大型公園綠地之土地有限，而本研究第一期研究發現小公園的降溫影響有限，在此種條件下，實有需要將非公園之綠地納入都市冷島系統。又，文獻中提及道路面積與都市熱島強度呈正相關，因此道路很有可能為都市中的小型熱島中心，周圍也可能受其波及而溫度提昇。因此，都市冷島系統之考量，可以一方面從實質利用中大型公園降低周邊溫度著手，還應另一方面搭配從減緩各熱島中心 (如道路等) 之熱島強度之措施著手。

2. 研究目的

本研究 (第二期) 之研究目標，即對都市中遍及各地之道路所形成之帶狀綠地及其特性，如道路綠地面積，行道樹遮蔽面積對道路面積的比率與行道樹種類等，對其減緩都市熱島效應的效果進行逐步的探討，目標有五：

- (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 (本年度建構道路綠地之面積、行道樹遮蔽面積、行道樹樹種等資料)；
- (二) 探討台北市內道路特性、道路週邊特性、道路綠地的面積與樹木遮蔽率與道路中溫度之關係；
- (三) 探討台北市內道路特性、道路週邊特性、道路綠地的面積與樹木遮蔽率與道路週邊溫度之關係；
- (四) 探討台北市內道路特性、道路週邊特性、道路綠地的面積與與樹木遮蔽率其對週邊溫度影響範圍之關係；
- (五) 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道路為探討對象，以移動觀測法於夏冬兩季午間與夜間調查主要道路與其周邊服務道路之氣溫，同時紀錄道路兩側土地使用、道路高寬比與道路綠覆等資料，以了解不同道路特性與道路溫度之關係。

3.1 調查方法

調查都市熱島之實測方法，依尺度可分為衛星遙測、氣象監測站與移動觀查法。其中衛星遙測主要研究大範圍之區域，具有區域內同步性、資料可回溯等優點，但由於受限於資料無法隨意選取時段，且可熱感之探測器之精確度為 60 公尺至 1.1 公里，對於探討本研究之道路局部熱島而言，尺度過於龐大，所以此方法並不適合本研究之調查。固定式氣象站可長時間紀錄氣候變化，並且具有同步性，但由於氣象測站無法大量分布於都市內部，所蒐集的數據無法用於探討都市內各處局地溫度與都市空間配置之關係，因此也不適用於本研究。移動調查法具調查時間與地點可以自由選擇之優勢，但缺點為資料不具同步性。本研究選擇以移動觀察法為調查方法，並以同一區塊於短時間內完成，分析時以同一區塊為分析單位為原則，以期將資料不具同步性之潛在誤差降至最低。

3.1.1 抽樣方法

本研究之抽樣以主要道路交叉切割出之各路段為抽樣單位，針對道路地理位置、道路大小與車流量進行分層抽樣。其中地理位置依據行政分區，將人口密集之市中心行政區歸為「市區」，其餘週邊之行政區歸為「郊區」兩大類。道路相關資料則依據台北市政府「92 年度台北市交通流量調查」，將台北市主要道路各路段依其車流量依小客車當量數分為 4 層，道路大小則依車道數分為 3 層，如此交叉共分為 24 種不同層級之路段。由於都市道路中有包括高架道路與捷運，於此地點測量具有高度危險性與困難度，而台北市有淡水河與新店溪繚繞，恐因瀕臨水體影響當地微氣候，因此抽樣時以避開與高架道路與捷運相鄰之路段，以及離水體一個街廓以上為原則，共抽出 57 個樣本。

3.1.2 測量方法

本研究運用步行之移動測量法，在樣本路段中對主要道路與其服務道路進行測量。測量時段為 93 年夏季 7-9 月（日間 10 時-14 時、夜間 22 時-2 時）與 94 年冬季 12-3 月（日間 10 時-14 時、夜間 21 時-1 時）。

主要道路氣溫之測量，將樣本道路段等分為五份，於每一個五分之一段道路中央取無陰影與無明顯冷氣吹拂處為測量點。由於測量點皆位於道路中，因此為避免車輛行經時所排出大量廢熱之影響，測量時採身旁無發動中之暫停車輛時記錄之。

服務道路氣溫之測量，由樣本主要道路路段兩側各選擇一服務道路進行測量。兩側服務道路之測量範圍由主要道路端開始，至與此樣本路段平行之主要道路間街廓長度的二分之一（即街廓中心）為止，為服務道路調查範圍（圖 1）。此一調查範圍內由主要道路端起，以滾輪測距儀取與主要道路寬度 10 分之 1 為間距取十個測點，再由第十點至街廓中心分為十等份，每一等份設置一測點，共有二十個測點。為避免偶發狀況所引起之誤差，每一服務道路採來回測量兩次之方式，以兩筆資料之平均代表每一測點之溫度。

主要道路之特性部分，針對樣本路段之剖面以滾輪測距儀測量路寬與人行道寬，同時紀錄車道數、還有街道之座向（東 - 西、東南 - 西北、南 - 北與東北 - 西南四種）。道路綠覆率與透水率以目測後記錄之，其中綠覆率之估算以道路橫剖面之道路喬木樹冠占道路剖面百分比為估算方式；透水率之估算以道路分隔島中未設舖面與人行道運用透

水磚部分占道路橫剖面之比率估算透水率，以 10% 為一級距紀錄之。

服務道路之特性部分，則於測量溫度之同時，紀錄該街廓為主要道路之上風處或下風處，以估測道路局地熱島不同風向之擴散範圍。

除此之外，主要與服務道路均紀錄每個測點剖面兩側建築物之樓高與土地使用狀況。樓高部份以每層樓 3 公尺累進計算。土地使用實地觀察並記錄測點剖面兩側之土地使用，共區分為 13 種使用類型。

3.1.3 資料處理與分析方法

由於本研究採用步行之移動觀察法，耗費時日，資料蒐集不具同步性，在資料分析上可能會有因測量日期不同造成分析上的誤差，因此採局地分析之處理方式，於服務道路的 20 個樣本點中，取近街廓中心之兩點來回共四個溫度測量值取其平均，為局地街廓之氣溫參考點。在資料處理上，均以類似熱島強度之概念，將所有的氣溫資料，包括主要道路之 5 個氣溫測量值與服務道路剩下的 18 個氣溫測量值，分別扣除街廓參考點之氣溫，所得之數據為局地的相對氣溫，以此代表當日該時段此主要道路對服務道路局地氣溫的影響。

除此之外，建築物對道路的遮蔽影響，則依下列公式，將前述測量之建築物高度與道路寬度換算成天空可視角。

$$1 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{X}{2}}{Y_2} \right) \dots\dots\dots (\text{公式 1})$$

$$2 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{X}{2}}{Y_1} \right) \dots\dots\dots (\text{公式 2})$$

$$\text{天空可視角 (} \theta \text{)} = 1 + 2 \dots\dots\dots (\text{公式 3})$$

其中 X = 街道寬度 (公尺)，Y₁ = 左側建築物高，Y₂ = 右側建築物高

統計分析先以主成分分析與相關矩陣將相關之變項整理後以前進逐步複迴歸分析法分析之。

4. 結果

本研究共調查 57 個樣本路段，其中 23 個屬郊區，34 個屬市區，樣本遍及每一個行政區(表 1 與圖 2)。

由於本研究採用之變項繁雜，為避免 multi-collinearity 之問題產生，先就資料之各變項間進行主成分分析，將類似變項歸為五大項：

第一類：以車流量為主，車流量於主成份分析中為最明顯因子，因此單獨一類。

第二類：以主要道路寬、綠覆率、透水率、天空可視角為同一群組，例如：綠覆率與透水率須要的道路寬，建築物高度與道路寬之比率為天空可視角，因此天空

可視角仍與路寬有相當的關聯性。

第三類：以車道數與平均風速為主，除了一般的風之外，更有機動車輛在道路移動時產生的風。

第四類：以土地使用為草生地、建、學校、辦公大樓、工地、公園、開放空間、餐廳、服務道路為一群組。

第五類：以加油站與服務道路為一群組。

以上主成分分析同時搭配變項之間的相關矩陣分析，整理出以下變項之處理：

1. 車道數：由於道路寬和車道數相關，將車道數予以刪除，保留路寬
2. 住商、辦公大樓、工地、餐廳：由於主成份分析發現此類型土地使用在同一向度，因此將此四種土地使用與以合併
3. 草生地與山地邊坡：由於二者均為植被所覆蓋，與以合併

夏季白日主要道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm1=0.044-0.027GR+0.03STW-0.16MW+1.07LU1-0.013PER$$

其中 GR=綠覆率；STW=主要道路寬；MW=平均風速；LU1=週邊為草生地；PER=透水率。R squared 值=0.38。

可知夏季白日，綠覆率越高及透水率越高之主要道路越涼快；平均風速越高時主要道路越涼快；路寬越寬之道路越熱；而週邊之草生地溫度較低，使道路相形較熱。

夏季夜晚主要道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm1=0.2+1.53LU16+0.64LU14+0.003STW$$

其中 LU16=草生地；LU14=學校與公園；STW=主要道路寬。R squared 值=0.37。

可知夏季夜晚，草地、學校與公園的溫度較低，使道路溫度相形較高；路寬越寬之道路局地溫差也越高。

冬季白日主要道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm1=0.47-0.08MW+0.98LU16-1.02LU7$$

其中 MW=平均風速；LU16=草生地；LU7=開放空間。R squared 值=0.11。

可知冬季白日，平均風速越高時主要道路越涼快；開放空間使道路溫度較低；而草地的溫度較低，使道路溫度相形較高。

冬季夜晚主要道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm1=1.11+0.001STW-1.11LU7-0.004SK-0.02MW-0.004PER+0.34LU14$$

其中 STW=主要道路寬；LU7=開放空間；SK=天空可視角；MW=平均風速；PER=透水率；LU14=公園與學校。R squared 值=0.29。

可知冬季夜晚，平均風速越高時主要道路越涼快；透水率越高者越涼；道路越寬者溫度越高，但天空可視角越大者越涼快。開放空間旁之道路溫度較高，而公園與學校溫度較低，使道路溫度相形較高。

夏季白日服務道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm2=-0.6+1.15HU+1.33HD-0.0033HDD-0.001CUD+0.0016CDD-0.0014HUD+0.00001PCU+0.0007SK+0.0016STW-0.0016MW$$

其中 HU=熱島上風截距修正值；HD=熱島下風截距修正值；HDD=熱島下風距離；CUD=冷島上風距離；CDD=冷島下風距離；HUD=熱島上風距離；PCU=車流量；SK=天空可視角；STW=主要道路寬；MW=平均風速。R-Squared 值=0.6254。

可知當主要道路為局地冷島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較低（截距為負值），其上風處之測點離道路越遠溫度越低，但下風處之測點離道路越遠溫度有回升之趨勢；當主要道路為局地熱島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較高（截距經修正後為正值），而此溫度隨測點離主要道路越遠其溫度越低。由熱島下風距離係數明顯大於熱島上風距離係數，可知熱島下風溫度變化較上風大，也意味著熱島主要道路對下風處之服務道路影響較大。而影響服務道路局地溫差之因素還包括：平均風速越強服務道路內的溫度越低；主要道路寬越寬，車流量越多，與天空可視角越大時，服務道路之溫度則越高。

夏季夜晚服務道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm2 = -0.078 + 0.33HU + 0.31HD - 0.08CD - 0.0008CDD - 0.0006HUD - 0.0006HDD - 0.0016MW + 0.0004SK - 0.0066LW + 0.00001PCU$$

其中 HU=熱島上風截距修正值；HD=熱島下風截距修正值；CD=冷島下風截距修正值；CDD=冷島下風距離；HUD=熱島上風距離；HDD=熱島下風距離；MW=平均風速；SK=天空可視角；LW=服務道路寬；PCU=車流量。R-Squared: 0.5211

可知當主要道路為局地冷島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較低（截距為負值），其下風處之測點離道路越遠溫度越低，但冷島上風距離一變項未列於迴歸式中，表示冷島上風處之溫度並不會隨距離發生明顯變化。當主要道路為局地熱島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較高（截距經修正後為正值），而此溫度隨測點離主要道路越遠其溫度越低。由於迴歸式中熱島上風距離與熱島下風距離係數相同，表示著夏季夜晚，熱島主要道路旁服務道路之溫度均為距主要道路越遠溫度越地，其溫度下降情形並無上下風的差異。而影響服務道路局地溫差之因素還包括：平均風速越強或服務道路越寬時服務道路內的溫度越低；而主要道路車流量越多，天空可視角越大時，服務道路之溫度則越高。

冬季白日服務道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm2 = -0.41 + 0.96HU + 0.91HD - 0.015MW - 0.0021GR + 0.0024CDD + 0.0023CUD - 0.0011HUD + 0.0007SK - 0.0009HDD$$

其中 HU=熱島上風截距修正值；HD=熱島下風截距修正值；MW=平均風速；GR=主要道路綠覆率；CDD=冷島下風距離；CUD=冷島上風距離；HUD=熱島上風距離；SK=天空可視角；HDD=熱島下風距離。R-Squared 值= 0.6253。

可知當主要道路為局地冷島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較低（截距為負值），其上下風處之測點離道路越遠溫度越高。當主要道路為局地熱島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較高（截距經修正後為正值），而此溫度隨測點離主要道路越遠其溫度越低。由於迴歸式中不論是熱島或是冷島道路，其上風距離與熱島下風距離之係數相仿，表示冬季白日服務道路中的溫度變化情形並無明顯上下風的差

異。而影響服務道路局地溫差之因素還包括：平均風速越強或主要道路綠覆率越高時服務道路內的溫度越低；而主要道路天空可視角越大時，服務道路之溫度則越高。

冬季夜晚服務道路局地溫差之分析，由逐步迴歸分析可得方程式：

$$Tm2 = -0.082 + 0.24HU + 0.3HD - 0.09CD + 0.0008CDD - 0.0006HDD - 0.0008STW + 0.0003SK$$

其中 HU=熱島上風截距修正值；HD=熱島下風截距修正值；CD=冷島下風截距修正值；CDD=冷島下風距離；HDD=熱島下風距離；STW=主要道路寬；SK=天空可視角。

R-Squared 值= 0.5244。

可知當主要道路為局地冷島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較低（截距為負值），其下風處之測點離道路越遠溫度越高，上風處則無明顯改變。當主要道路為局地熱島時，其上下風處之服務道路溫度均受其影響而溫度較高（截距經修正後為正值），而此溫度下風處隨測點離主要道路越遠其溫度越低，上風處則無明顯改變。而影響服務道路局地溫差之因素還包括：主要道路越寬時服務道路內的溫度越低；而主要道路天空可視角越大時，服務道路之溫度則越高。

4. 討論

由本研究結果可知，夏季白日中，主要道路綠覆率越高及透水率越高者越涼快；平均風速越高時主要道路越涼快；路寬越寬之道路越熱；而週邊之草地由於溫度較低，致使道路相形較熱。夏季夜晚，除了草地、學校與公園的溫度較低，致使道路溫度相形較高外，發現路寬越寬之道路較街廓中心暖。冬季白日，平均風速越高時主要道路越涼快；開放空間使道路溫度較低；而草地的溫度較低，使道路溫度相形較高。冬季夜晚，平均風速越高時主要道路越涼快；透水率越高者越涼；道路越寬者溫度越高，但天空可視角越大者越涼快。開放空間旁之道路溫度較高，而公園與學校溫度較低，使道路溫度相形較高。這其中，夏季日夜之迴歸式 R 平方值均明顯高於冬季之日夜值，可見夏季都市溫度受主要道路特性影響較冬季明顯。

服務道路之局地溫度變化，受主要道路影響十分明顯，不分時段均以熱島主要道路兩旁之服務道路溫度較高，冷島主要道路兩旁之服務道路溫度較低，且此影響均隨著測點逐漸遠離主要道路趨於平緩。也因此，服務道路溫度亦受主要道路特性影響，尤甚於受服務道路本身特性之影響。尤其是主要道路之天空可視角，不論時段，都與服務道路中的局地溫差成正相關，也就是說主要道路越開闊者，其服務道路的溫度就相對於街廓中心越高。另外，夏季中不論白日夜晚，主要道路的車流量越大，服務道路的溫度就越高。風速也是影響溫度之要素之一，除了冬季夜晚外，其餘時段均顯示風速越高，服務道路中的溫度越低。

因此，欲改善都市中的熱島問題，從改善道路著手應可以獲得良好效果，而且此效果應可擴及主要道路旁之巷弄內。改善的方式包括：增加主要道路之綠覆率、透水率與通風。

5. 計畫成果自評

由於台北市區內的街廓結構較為工整，因此本研究對於參考點之選取，相較於前期公園綠地局地熱島之研究為明顯且容易，對於研究結果也較具信心。主要道路部分之迴歸式 R 平方值冬季較低，尤其是白日僅 0.1，推測應受冬季氣流較不穩定，變化較劇影響。其餘夏季時段 R-square 值均接近 0.4，以變化多端的道路氣象狀態而論，以單純的道路特性即能捕捉到 40% 的變異量應屬可喜。服務道路部分，由於受都市街廓的包庇，氣流與能量多受保留與緩衝，其氣溫以主要道路特性以及服務道路與主要道路之關係即可以解釋五成至六成的變異量，可見改善都市微氣候由道路著手應很有可為。

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.

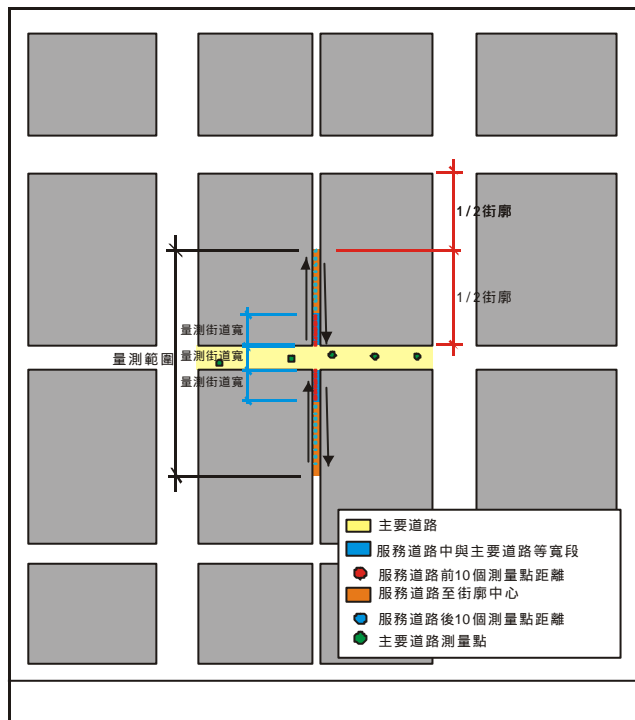


圖 1 道路測量示意圖

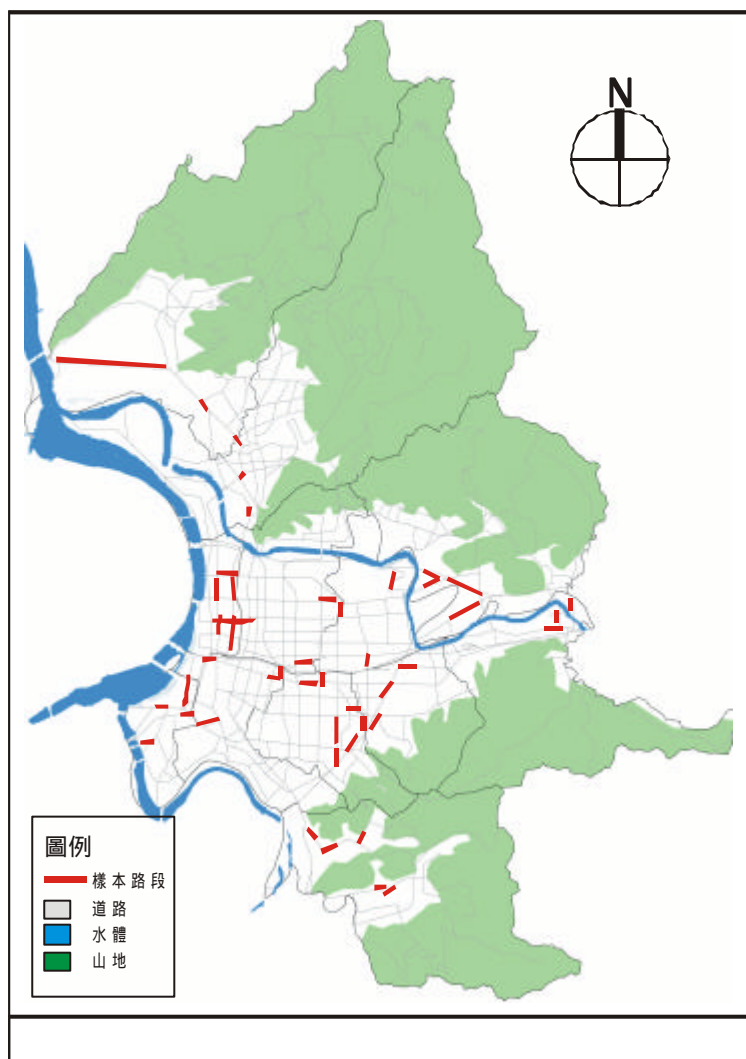


圖 2.測量樣本分佈圖

表 1.行政區道路抽樣表

區位	市區							郊區				
行政區	大同	大安	中山	中正	松山	信義	萬華	士林	內湖	文山	北投	南港
樣本數	7	5	4	6	3	5	4	2	4	3	2	1
總數	34							12				