

臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：地球科學

作品名稱：台北盆地的熱島效應及其對環境的影響

得獎獎項：佳作

學校 / 作者：臺北市立中山女子高級中學 陳律言
臺北市立中山女子高級中學 陳盈諭

作者簡介



我的名字叫做陳律言（右），我和盈諭是同班同學，因為覺得地球科學是有趣的一門科目，所以在機會之下，我們開始了這個專題。雖然過程並沒有想像中的容易，但卻因此學到了許多東西。雖然高三的課業繁重，但對於科展的熱情讓我們兩個還是在“空閒之餘”努力的完成我們的題目，當然這個議題並不會就此終止，而會永遠延續下去，也希望大家能好好的愛護地球。能進入國際科展，對我而言是一項新的突破，希望能有好的表現，有朝一日為國爭光。

我是陳盈諭（左），現在是高中三年級。從高一開始，就對地球科學慢慢產生興趣，並與我的夥伴共同研究相關的主題。我喜歡到野外調查，也喜歡在家用電腦處理數據，製作圖表。疲憊的時候，會去打打籃球，或者彈彈鋼琴，來放鬆自己。而在這個報告完成的同時，心中的感受無法言喻，雀躍不已。

英文摘要 (Abstract)

The Urban Heat Island Effect and its Environmental Impact in the Taipei Basin, Taiwan

This study is focused on the urban heat island effect of Taipei Basin, northern Taiwan. The hourly temperatures of Taipei meteorological station and three rural sites eastern Hsi-Chih, southern Cyu-Chih and western San-Chia, were compared from 1998 through 2004 to illustrate the temperature differences between city center and surrounding country areas.

The results show that a difference of 1~2°C exists between city center and surrounding country areas, indicating the extent of urban heat island effect in the Taipei Basin. The daily temperature contours show a clear high-temperature bull's eye at the city center during the midnight, implying the high latent heat trapped by the dense and high rise buildings. This phenomenon is not sharp in the high noon due to the reduction of temperature difference between city center and surrounding country areas. The heat island effect is most prominent in the summer than that of the winter. Along with the increasing temperature-difference trend through years, the summer times often experience record-breaking heat waves and pose great risks for the city development in the future.

中文摘要

台北盆地的熱島效應及其對環境的影響

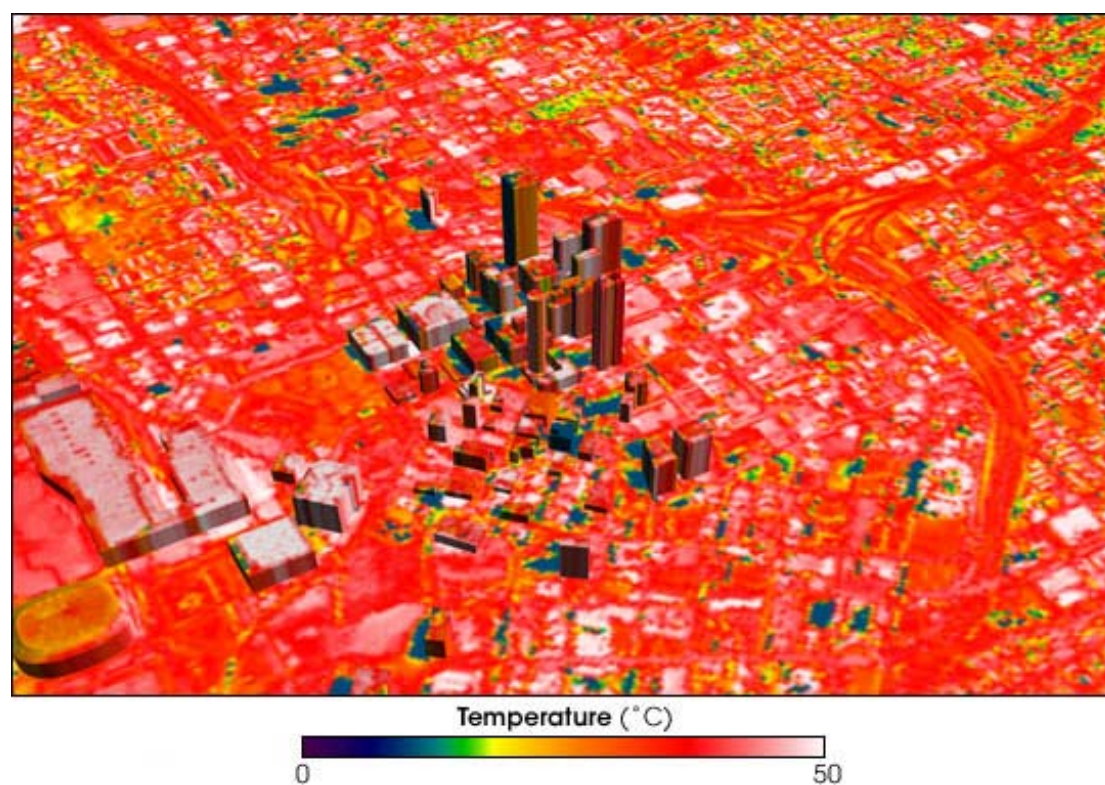
本研究主要是以台北市中心的氣溫觀測站，以及市區外圍東邊的汐止，南邊的屈尺，以及西邊的山佳等三個氣溫觀測站，從 1998 年至 2004 年的七年期間的氣溫資料中，來探討台北地區的熱島效應現象。

這個研究的結果發現，台北市區與周遭鄰近地區確實會因為熱島效應的影響而產生 1~2°C 的溫差。這個溫差在白天時不甚明顯，在中午過後，便由台北市中心逐漸向郊區遞減，形成類似同心圓狀的分布。溫差最大值發生在夜晚，使得台北地區晚間宛如一座夜晚增溫的城市，同時夏季的熱島效應又較冬季顯著，氣溫又逐年遞升，造成夏季台北市區的高溫屢創新高，將是未來都市發展的危機。

研究報告

一、研究動機：一般構築於都市中的許多樓房、建築物、道路等高蓄熱之材料，在白天陽光的照射下，常常會蓄積大量的能量。入夜後，這些蓄積的熱能便會緩慢地從硬體建築，或是柏油的道路中釋放出來。由於都市開發的綠地較為稀少，使得地表周遭之水體不易停留其間，再加上大量的人工發熱系統與溫室氣體到處瀰漫於都會區內，使得都市內的溫度不易下降，這個相對高溫的都會區，在都市郊區周圍的低溫襯托下，會形成中間炎熱，宛如一座發熱的島嶼，這種現象在氣象學上稱為『都市熱島效應 (urban heat island effect, UHI)』。

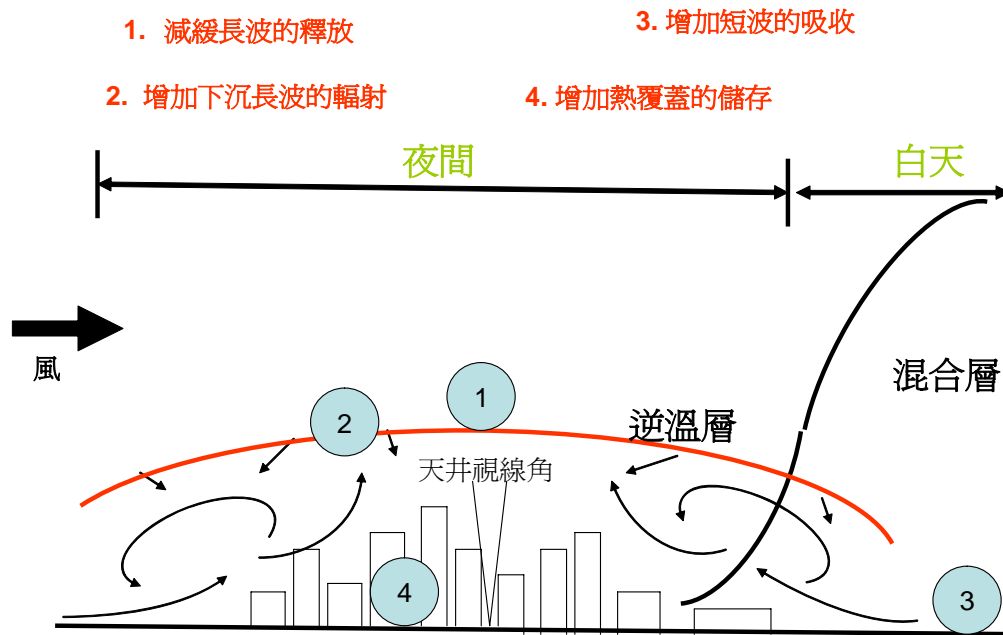
一年之中，特別在盛夏期間，都會區在白天烈日的照射之下，大多會產生 30~40°C 的高溫，部分硬體樓房、以及柏油鋪面等構造建築物之周遭區域，其溫度甚至會超過 40°C，甚至高過 50°C 以上，只有在那些構造建築物的背光面上的陰影區內，才可能有較低溫度的出現（圖一）。



圖一 都會區溫度分布示意圖

近年來紐約、東京等大城市，在盛夏的日子中，常常出現了接近 40°C，甚至超過 40°C 的高溫，這種現象除了是受到全球溫室效應的影響之外，都市的熱島效應也是其中一個相當重要的誘因。都會區內過高的溫度，不僅對於人類的身體健康會造成危害，愈來愈普遍的都市熱島效應現象，也會間接造成了全球溫差分布的變化，對於環境生態的衝擊，是相當值得觀察與注意的。另外，熱島效應可能造成都會區內的高溫現象，除了會消耗更多的能源於室內空調外，也會使得天氣劇烈變化出現的機率大為提高（如大雷雨、冰雹、熱浪等），造成生命財產及社會資源的損失。因此，當今世界各地處處都出現都市化現象的同時，要如何降低都市內的熱島效應，便成為全球性所關注的議題了。

混合層是指日出後，地表受太陽輻射加溫，對流邊界層開始發展，逐漸侵蝕夜間穩定層（圖二）。對流邊界層內有很強的對流及垂直混合作用，使大氣的性質，例如：位溫、水氣、污染物...等，垂直混合均勻所產生。



圖二 大氣的逆溫層與城市的熱效應

混合層中的高度和溫度，通常是呈梯度反比關係，可是因為地表幅射冷卻的關係，會使高度上升到某一臨界點之後溫度便無法繼續下降，反而隨著高度升高而升高，此區域就稱作大氣的逆溫層。

在夜晚時，因為逆溫層的存在，使得熱氣無法散逸，圖中的黑色箭頭即為熱氣流動的方向。逆溫層會使地表的長波輻射難以散逸，使之籠罩在城市內。同時，它也會增加短波的吸收，更加使得夜晚的溫度無法下降，加上水泥建築在白天所吸收大量的熱，讓夜間溫度居高不下。

台北市是台灣地區熱島效應最為顯著的都會區，特有的盆地地形、到處林立的大樓、缺乏大面積的水體與綠地，以及都市內大量排放的溫室氣體和人工發熱措施，產生更多的熱量及溫室氣體，都是市區內造成熱島效應的主要因素。而長期之熱島效應作用，將會造成環境生態改變之惡性循環的作用。因此，探討台北市熱島效應隨著時間及季節的演變情況，與改善熱島效應的有效方法，將是本研究工作最主要的課題。

二、研究方法或過程：本專題的研究方法主要是從中央氣象局的氣象站中，選取台北市東邊的汐止，南邊的屈尺，以及西邊的山佳等三個氣溫觀測站（表一），與台北市中心的氣溫觀測站比較（圖三），彙集並調查 1998 年至 2004 年，這七年期間每小時氣溫的資料，經過收集整理後，一一進行比對，並輔助使用電腦軟體程式系統 Sigmaplot、Excel 來分析統計氣溫間的差異性，同時加以討論這個差異性的影響結果。

本研究中所使用的都市熱島效應值（UHI）：是定義為市區溫度與市區外圍地區

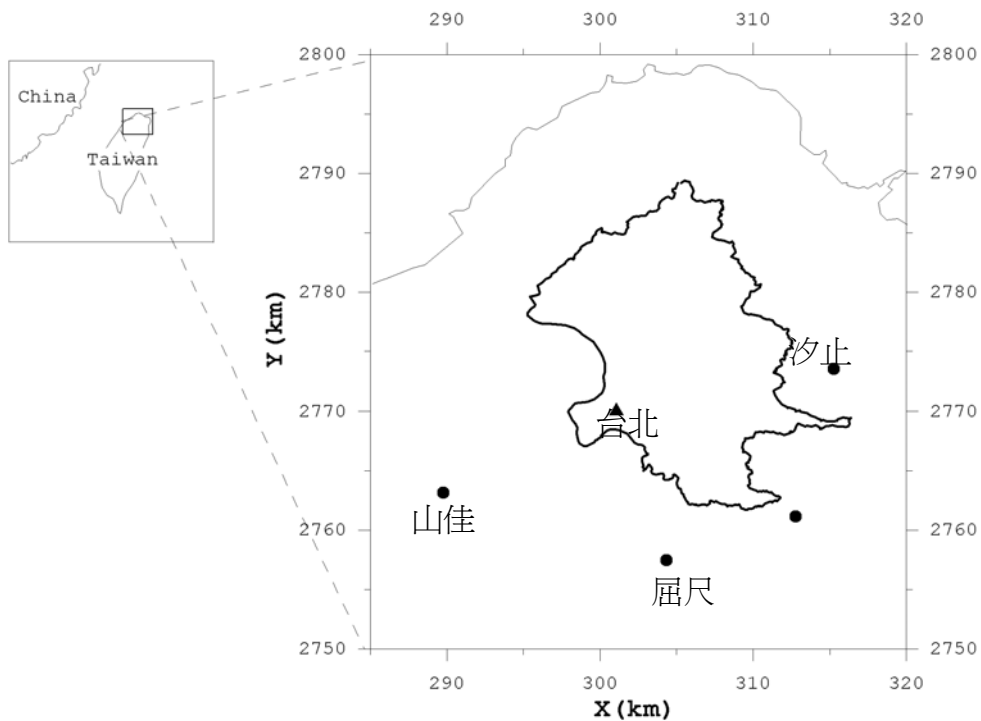
溫度的差值，其公式為：

$$UHI(^{\circ}C) = \text{台北市區氣溫}(^{\circ}C) - \text{周圍地區氣溫}(^{\circ}C)$$

表一 山佳、汐止及屈尺等三個氣象測站之 UHI 及座標位置

站名	UHI ($^{\circ}C$)	*距離 (km)	X (km)	Y (km)	高度 (m)
台北-山佳	1.60	16.9	289.8	2763.2	10
台北-屈尺	2.18	16.3	304.3	2757.5	90
台北-汐止	1.72	12.4	315.3	2773.5	15

* 表示該測站與台北市測站之距離

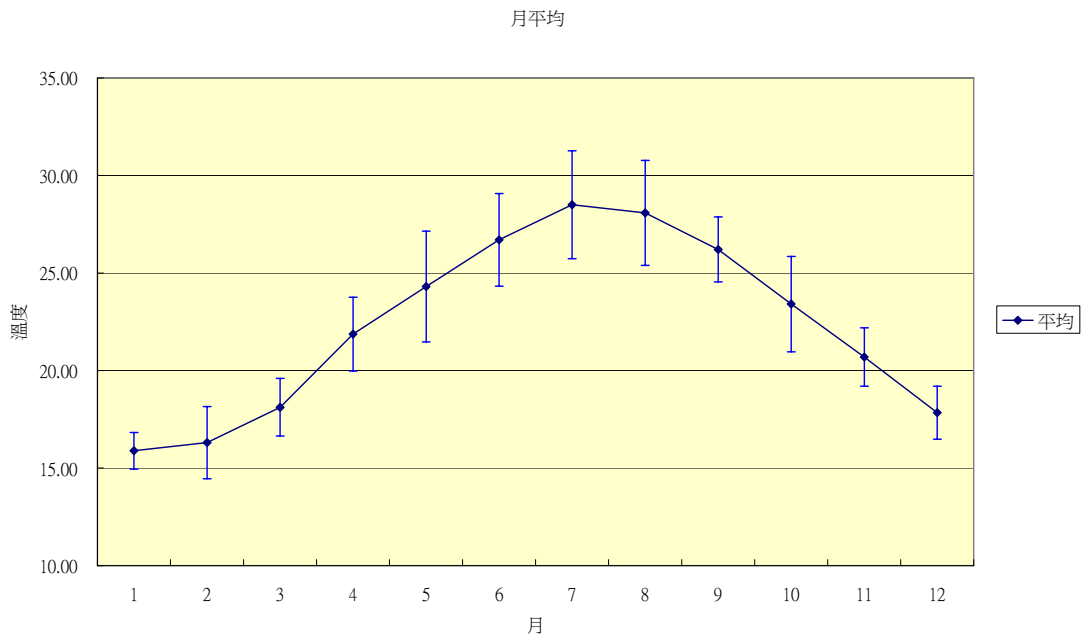


圖三 本研究所使用台北市、汐止、屈尺及山佳等四個氣象站的分布位置

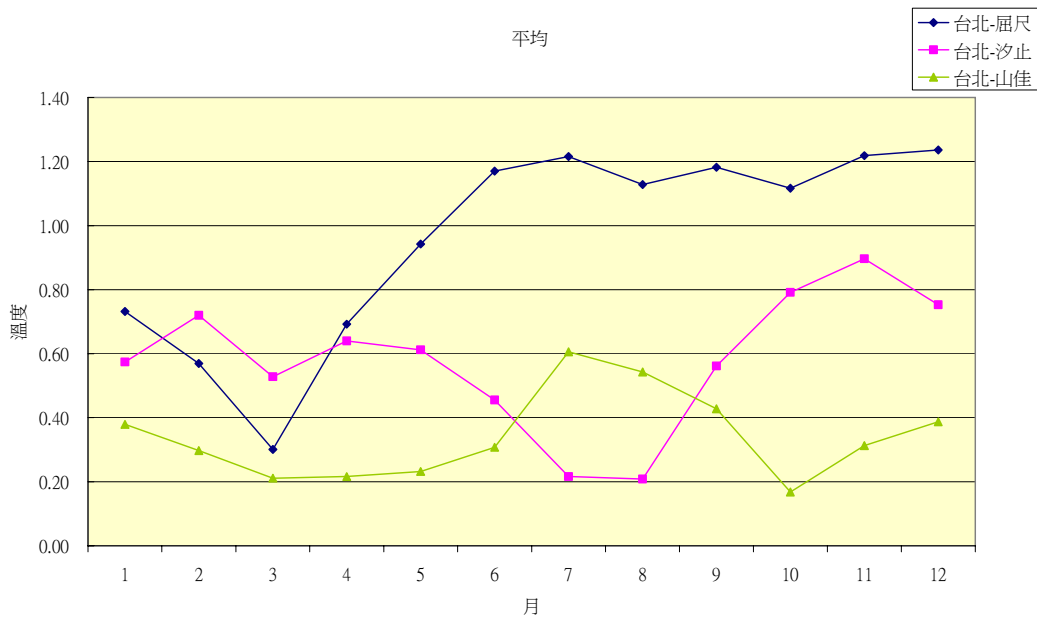
三、研究結果與討論：從四個氣象觀測站各月份的溫度資料加以平均可以發現（圖四），在夏季時，四個測站的平均溫度標準差會大於冬季，顯示這四個地區的溫度在夏季時會有較大的差異，這種溫度的差異，可能與接下來所討論的都市熱島效應有密切的關係。

從各月份台北市區與市區外圍之三個地區的平均溫差可以發現（圖五），三個外圍地區中，屈尺的 UHI 值明顯大於汐止與山佳。這個原因可能是在於地理位置上，屈尺雖然距離烏來山區不遠，但相較於台北市區，可以算是外圍之郊區。而汐止與山佳，雖然屬於台北市的市郊，但是汐止市與樹林市卻也是屬於人口稠密、開發度相當高的都會型地區，導致此二個地區的 UHI 值不如屈尺來得大。此外，從汐止與山佳的 UHI 值隨著月份的變化情形可以發現，汐止在 7 月及 8

月間的 UHI 值有突然下降的情形，相對地，山佳在 7 月及 8 月份則出現 UHI 值突然增加的情況。從汐止與山佳分別位於台北市區的東、西兩側來看，此種現象可能與季節性的風向變化與降雨分布有關，導致位於東西兩側地區的 UHI 值呈現相對增加及減少之不同變化趨勢。



圖四 1998 年至 2004 年間各月份的平均溫度



圖五 1998 年至 2004 年間台北與各測站的月平均溫差

研究汐止、山佳及屈尺在夏、冬兩季的 UHI 值每日變化情形可以發現 (圖六)，山佳與屈尺的圖形曲線變化情形有著同樣的趨勢，也就是早晚的 UHI 值都大於

中午，而夏季早晚的 UHI 值又大於冬季。早、晚的 UHI 值較大，為典型的熱島效應會出現的情況，而夏季的 UHI 值又大於冬季，可能是夏季時陽光的能量較強，對於城市內高蓄熱物質的加熱作用更加顯著，導致白天時累積的熱能，於中午過後持續的釋放出來，使市區的溫度居高不下。另外值得注意的是，屈尺的 UHI 值會大於山佳，可能是因為屈尺屬於郊區，而山佳只能算是市郊，使得熱效應的影響程度不同。

汐止地區在夏季的 UHI 值也是呈現早晚高、中午低的熱島效應情形，但是冬季時，UHI 值都維持在 0.5 左右，早、中、晚的變化態勢並不明顯，這結果可能是因為汐止的地理位置位於冬季東北季風的迎風面，不斷吹來的東北風加速了空氣的對流，抑制了熱島效應的情況。

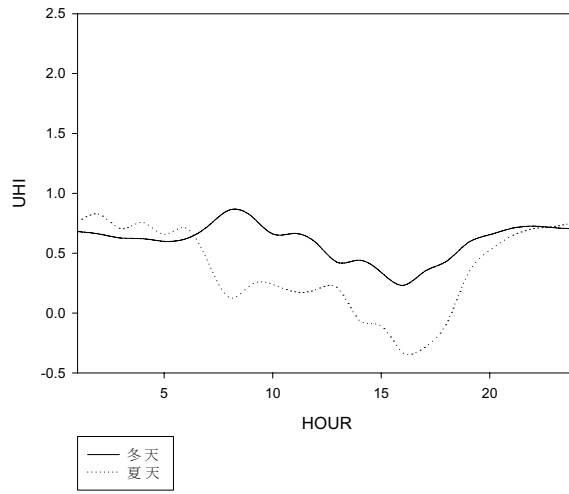
本研究利用人口密度和 UHI 值的變化情況來探討人為因素對於熱島效應的影響，其結果顯示汐止、山佳及屈尺的人口密度皆屬於增加的趨勢（圖七），其中以汐止的人口增加了約 20% 為最高，而山佳與屈尺的人口增加均不到 10%。對照 UHI 值的變化可以發現，汐止的 UHI 值在最近幾年來有下降的情形，而山佳與屈尺的 UHI 值則為上升的情況。山佳與屈尺 UHI 值逐年的上升，意謂著台北市區的熱島效應愈來愈嚴重，使得鄰近郊區與市區的溫差不斷擴大，而汐止的 UHI 值下降，可能與近年來汐止人口大幅增加，都市化程度亦上升，且汐止與台北市中心相距不遠，所以可能已經漸漸融入市區熱島效應的影響範圍內了。

比較汐止、山佳、屈尺和台北市的溫差以及 UHI 值在一天 24 小時中的變化可以發現（圖八），汐止與山佳等市郊與台北市的溫差，在早晚約是 1°C ，而屈尺這類郊區，其與台北市的早晚溫差可以高達 1.5°C 。比較值得注意的是，汐止與台北市區的中午溫差比山佳及屈尺都來得大，此情形可能跟地形與風向的因素有關。

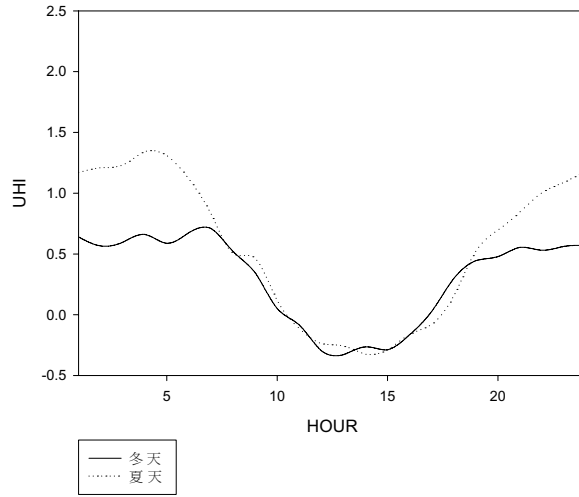
由於都市的鋼筋水泥及道路鋪面等材料熱容量大，會儲存太陽的能量，因此在日出之後的一小段時間，太陽的能量會被儲存於這些材料中，使得氣溫上升的幅度較小，而在日落後，這些儲存的熱量開始幅射進入空氣中，使得氣溫居高不下，降溫不易。相對地，在屈尺這類郊區，在日出後，太陽的能量便使氣溫快速上升，而儲存於地表的能量則較少，因此在日落後的幅射冷卻效應也較明顯，造成晚間氣溫會較市區低上 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ （圖九）。在汐止及山佳等市郊及住宅區，雖然也會造成熱島效應，但是程度上不及市區明顯，因此（圖八）的 UHI 值曲線還是呈現凹口向上的情形，而且曲線的曲率越小，表示當地的熱島效應越嚴重。

比較近幾年來台北市周圍地區的 UHI 值變化（圖十）可以發現，台北市的熱島效應有日益嚴重的情況。市中心與郊區的溫差約為 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，致上，夏季時熱島效應會比冬季明顯。市中心與周圍地區的溫差會隨著距離的增加而增加。

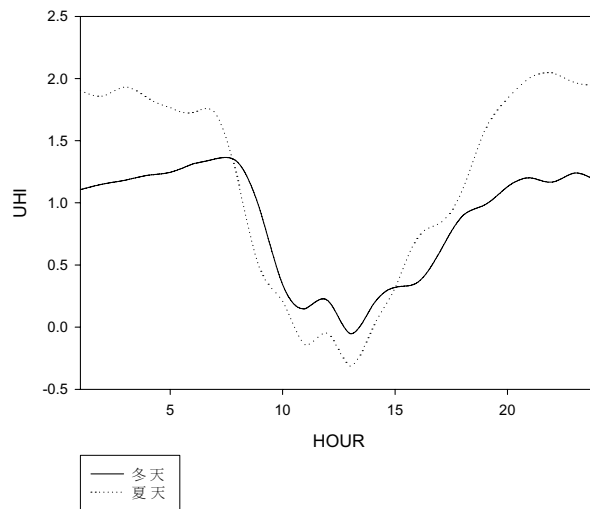
台北-汐止



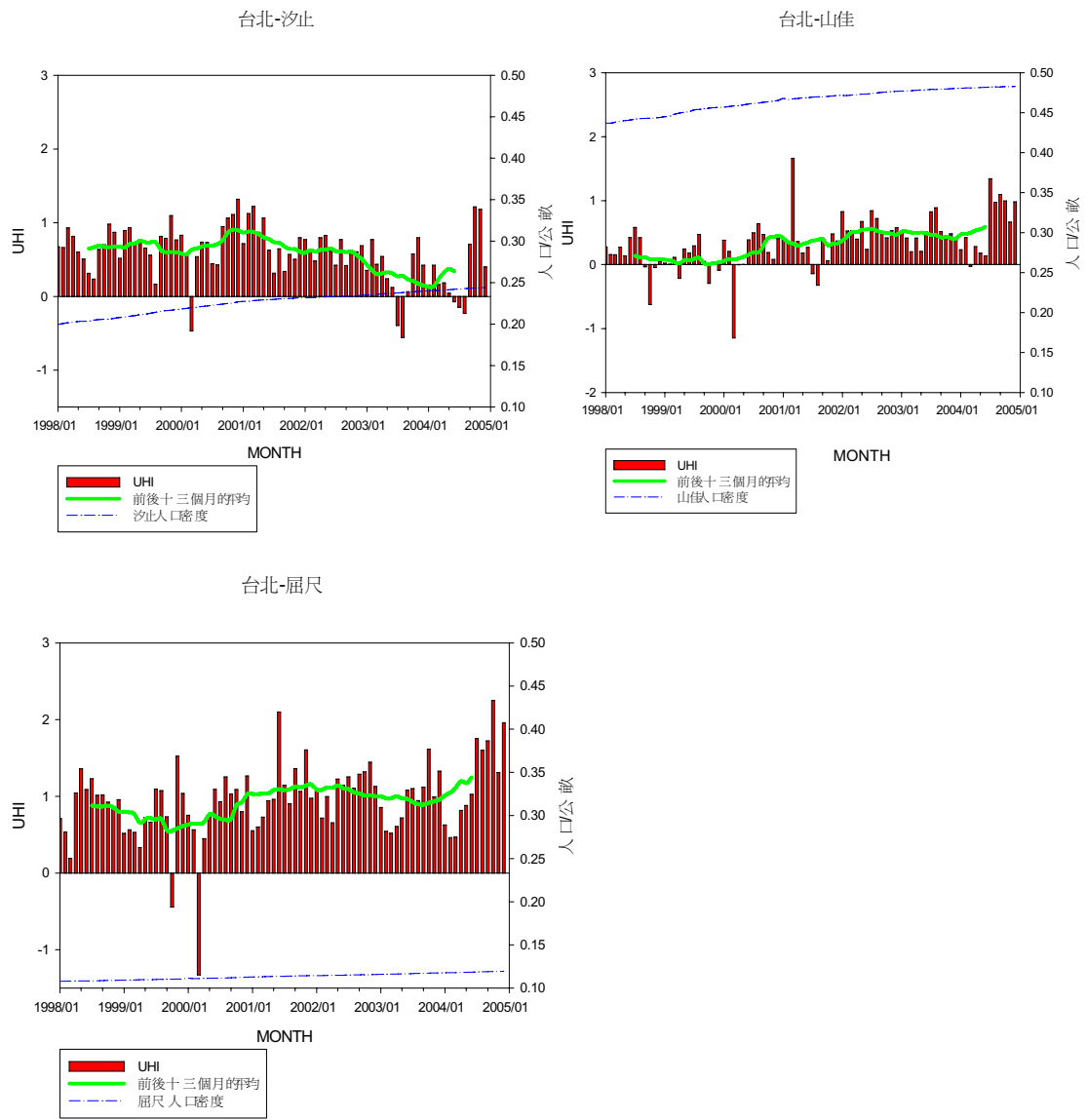
台北-山佳



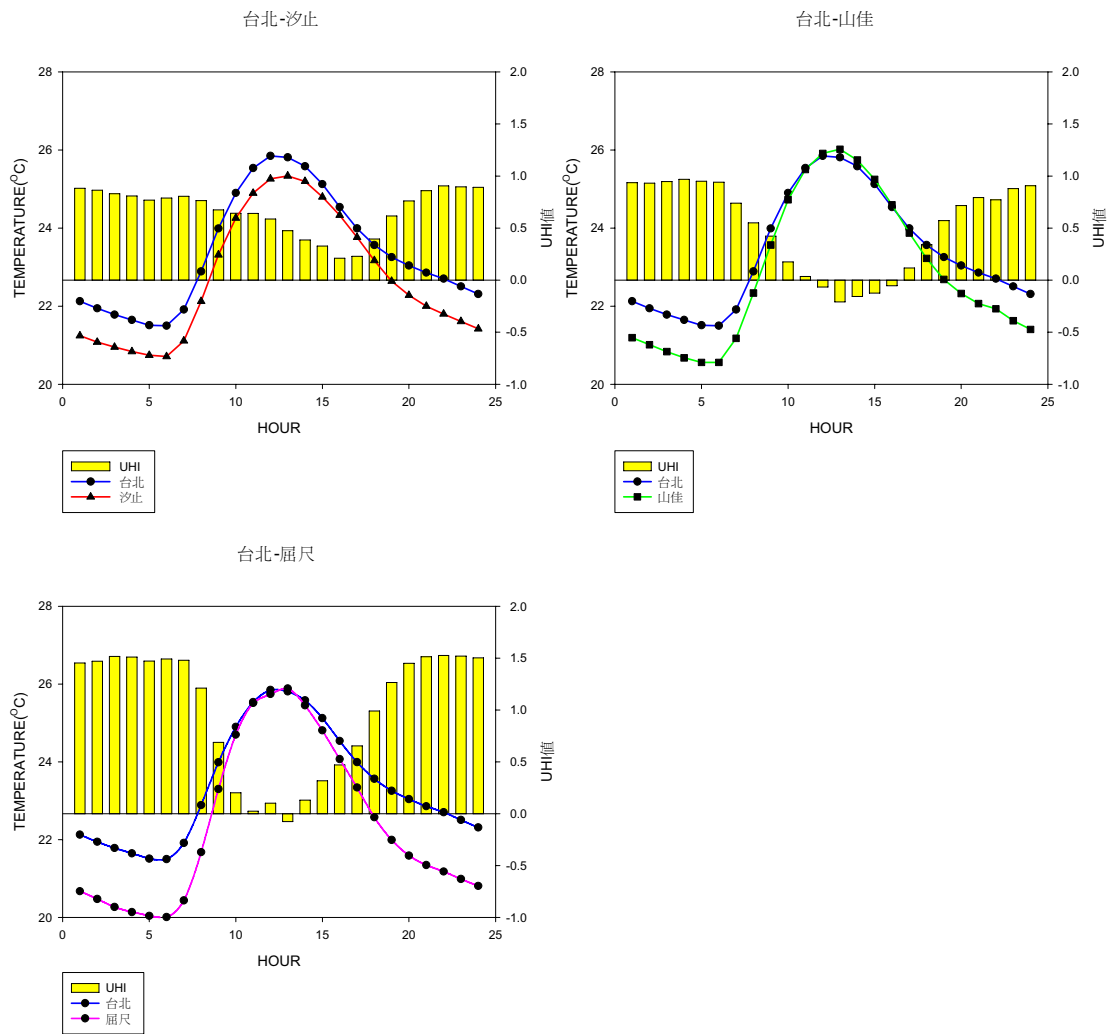
台北-屈尺



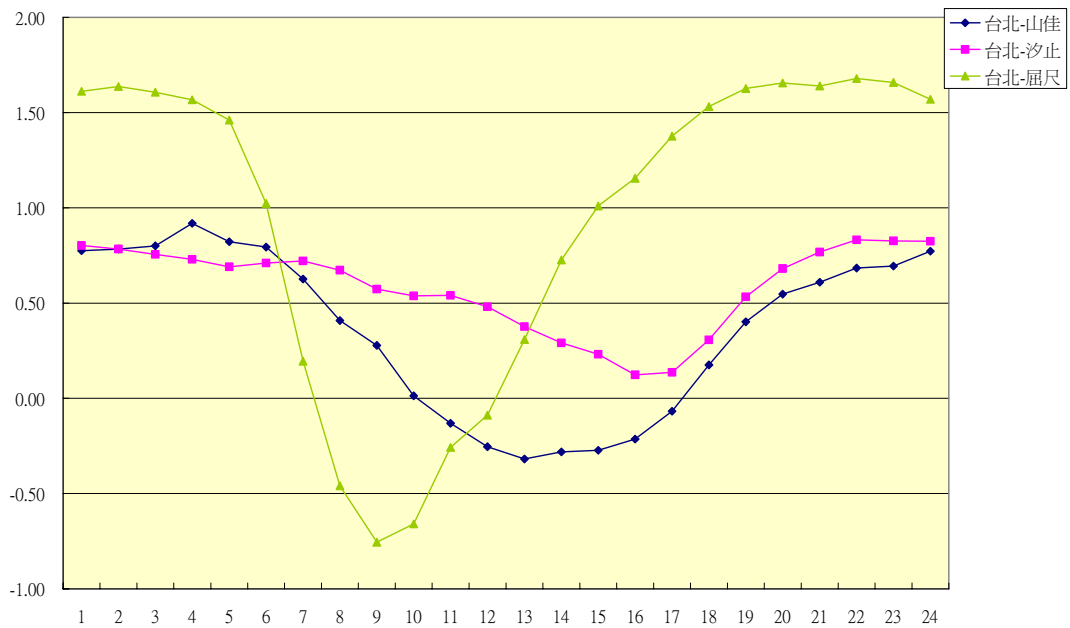
圖六 1998年至2004年間各地UHI值的每日變化情形



圖七 1998年至2004年間各地人口密度與UHI值的變化情形

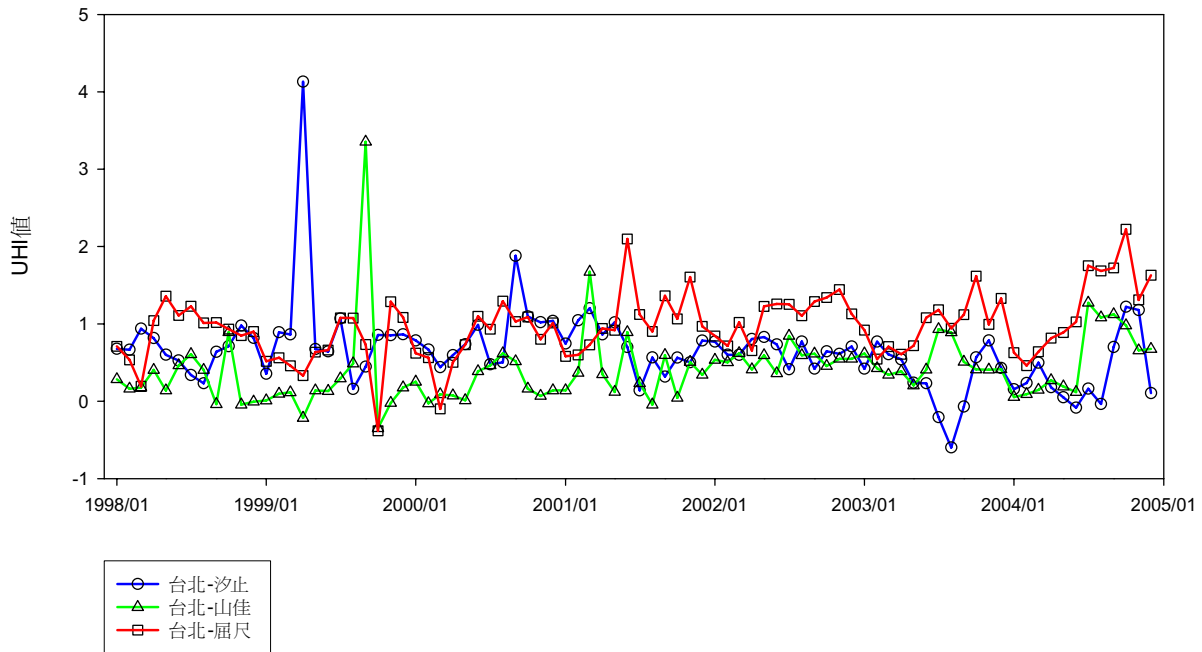


圖八 1998 年至 2004 年間各地與市區的溫差與 UHI 值在一天中的變化



圖九 1998 年至 2004 年間各地區每日 UHI 值變化情形

台北與其他郊區歷年的UHI值



圖十 1998 年至 2004 年間台北市周圍地區 UHI 值歷年的變化情形

從研究結果可以發現，在盛夏期間，台北市區與周遭鄰近地區確實會因為熱島效應的影響而產生 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 的溫差，這個溫差在白天時不甚明顯，但是在中午過後，由於市區溫度難以下降，導致溫度的分布，是由台北市中心逐漸向郊區遞減，形成類似同心圓狀的情形。溫差最大值發生在夜晚，使得台北地區晚間宛如一座熱島，同時夏季的熱島效應又較冬季顯著，造成夏季台北市區的高溫屢創新高。社會的都市化現象對於熱島效應的惡化也扮演著關鍵的角色，尤其一些衛星城市的人口集中於鬧區，又造成了衛星城市的小型熱島效應。例如汐止市區，隨著近年來的開發，造成人口大幅度增加，汐止與台北市區的溫差也逐漸縮小，顯示汐止本身也會產生一定程度的熱島效應，可以預期的是，最後將與台北市區的熱島效應交互影響，使得大台北地區熱島效應的範圍更趨擴大與嚴重。

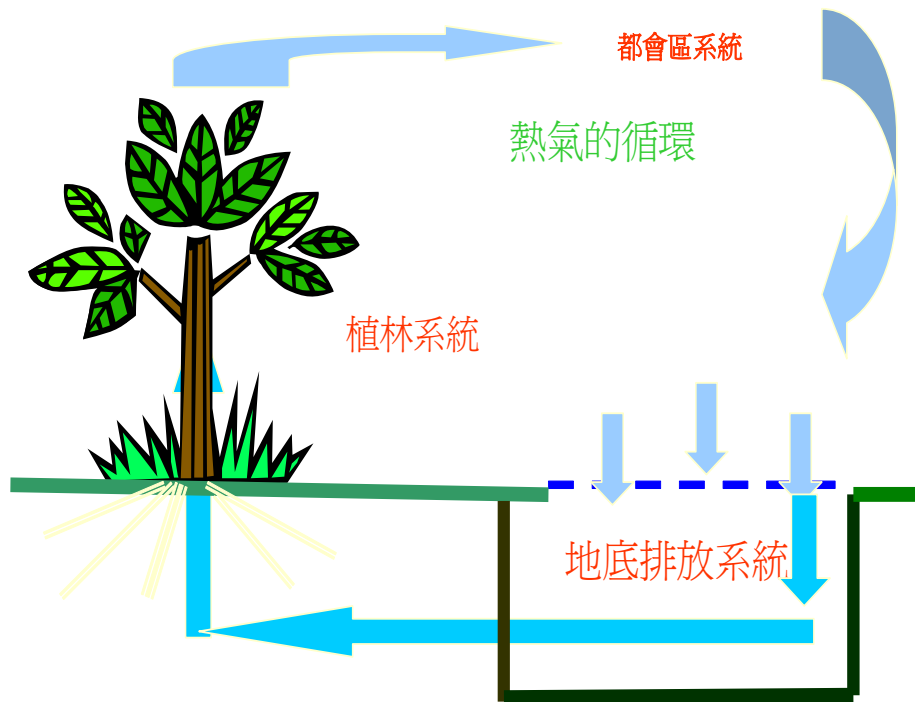
從台北市區之東、南、西方近郊與市區的溫差變化情形也可以發現，地理環境與氣候風向的不同，對於熱對流的影響很大，如何配合這些自然的條件進而設法解決聚集在都會區內的熱量，將是未來設法改善熱島效應的一絲曙光。

由於熱島效應的發生主要為都市設計規劃時未有周詳的環境考量，要改善都市熱島效應會涉及整體都會區的結構及法令，牽涉的層面非常廣，除了整體都市規劃須全盤考量外，對於小區域的熱環境改善則需要由點擴及至面逐步實施。

在建築物及街道的改善方面，可以採用改良式鋪面以增加透水性及透氣度，以增加蒸發量，進而帶來熱氣，另一方面可以將大樓外牆及頂樓綠化，並增加綠地面積及植生數量，以減少熱量的蓄積。

此外，可以利用地底排放系統，將都市的熱氣排至林區，藉由植物造成水氣的大

量蒸散，帶走部分的热量，並增加都市與郊區空氣的循環（圖十一），減緩熱島效應的影響。



圖十一 減緩台北市熱島效應之水氣循環示意圖

四、結論與應用：從上述各項溫差資料的統計分析結果顯示，最近幾年來，台北都會區的熱島效應現象日益嚴重，市區內屢屢出現異常的高溫，而經常性的大雷雨，與持續飆高的用電量，再再都使我們感受到熱島效應的影響與威脅，使我們不得不去正視這個因為環境變遷而衍生出來的問題。京都議定書、蒙特婁公約與維也納公約等，都是為了保護地球的永續發展而制定的，未來如何兼顧社會經濟的蓬勃發展與環境生態的保護，將是本世紀全體人類需要共同努力解決的難題。

五、參考資料及其他： (1). 中央氣象局，年氣候資料年報，1998~2004。 (2). Hsu, H. H., Chen, C. T., (2002) Observed and Projected Climate Change in Taiwan Meteorol. Atmos. Phys. 79, pp.87-104. (3). Liu, S. C., Wang, C. H., et. al., (2002) Reduction in Sunshine Duration over Taiwan: Causes and Implications, Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences. (4). Chen, L. X., Zhu, W. Q., et. al., (2003) Characteristics of the Heat Island Effect in Shanghai and Its Possible Mechanism, Atmospheric Science 20 (6), pp.991-1001. (5). 高雄市環保局第一科，空氣汙染防制網站。
<http://61.218.233.198/dispPageBox/AQMPCP.aspx?ddsPageID=AQMPC6&>

評語

優點： 1) 資料蒐集完整，統計分析合理。

2) 說理清楚，條理分明。

改進事項： 1) 加強各測站的環境分析。

2) 建議對台灣三大都會系統(除台北市外，再對台中、高雄等)

作熱島效應研究，以充實本研究的成果。

3) 對於異常值之說明及探討(例如圖十)宜再加強。