

大安森林公園與都市冷島效應

林博雄	臺灣大學大氣科學系
王璿瑋	臺灣大學大氣科學系
郭渝靖	臺灣大學大氣科學系
張方瑜	臺灣大學地理環境資源系
廖淇雅	臺灣大學大氣科學系

DAAN PARK, AN URBAN COLD ISLAND IN TAIPEI

Lin, Po-Hsiung	Associate Professor, Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University
Wang, Syuan-Wei	Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University
Kuo, Yu-Jing	Central Weather Bureau
Chang, Fang-Yu	Department of Geography, National Taiwan University
Liao, Chi-Ya	Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

前言

城市發展對於當地氣候與天氣的改變，以「都市熱島」效應最為大眾熟知；都市熱島現象是全球性共通議題，它組合城市地理輪廓、市區交通、人工熱源排放、建築體密度以及道路鋪面等等因素，因此每一城市的都市熱島現象程度各有其獨特性質。台灣西岸各大城市熱島現象過去已有建築、地理和衛星遙測等領域專家學者加以研究和發表(林等，2001，張與李，2004；嚴，2012)，臺北市政府也曾在2009年推動「臺北市都市熱島強度監測分析及示範區熱島效應改善規劃設計」計畫，透過大安區「成功國宅」社區為示範區域，來量測評估該地區都市熱島現象改善，研究方法與結果參見<http://kuobo.dyndns.org/hi/page12/page8/page8.html>。

從大氣科學領域來看都市熱島，Lei et al. (2014) 研究認為都市高低起伏建物群增加地表粗糙度(roughness)，屋頂和玻璃帷幕也增加地表反照率，這些效果能激發都市上空的紊流強度並揚起低層潮濕空氣，進而觸發午後雷雨再反饋到都市氣溫的降低。相對地，大面積的都市公園的

綠地和樹木植被，也是另一種減緩都市熱島現象的方法。都市公園在降低熱島效應的諸多研究(Jauregui, 1990; Spronken and Oke, 1998; Chang et al., 2007)，指出公園較其周邊區域低了1至2°C。這些研究的量測結果發現，公園與人工環境比較之下，最大差異就是公園內擁有較多植物；透過植物吸收或反射太陽輻射，減少太陽短波直接輻射至地面，造成植物遮蔭之下的地面溫度較直接曝曬的地面溫度低，因此公園有「都市冷島」現象。

植物若以群聚方式種植，則其對地面的降溫效果更為顯著，因此公園面積越大，冷島效應越顯著。Shashua and Hoffman (2000) 研究顯示，長度200公尺、寬度22公尺(0.44公頃)公園比兩旁街道(12~15公尺高度建築物)低了1.5°C左右。Cao et al.(2010)進一步利用地景的LSI指標(landscape shape index)來簡單表達公園形狀特徵，當LSI愈接近1則代表公園面積越集中越不破碎，冷島效應會愈明顯，不規則狀和帶狀公園(LSI>1)的冷島效應則較不顯著。另外，Chang et al.(2007)認為公園覆蓋物(喬木、灌木、草坪、人工鋪面

等) 的類型與相對面積會影響公園冷島效應，比如公園人工鋪面面積 $\geq 50\%$ 、喬木與灌木面積 $\leq 40\%$ ，則該公園在夏季中午反而會變成熱源。他們也發現不同季節與時間也有冷島效應強度的差異，比如冬季中午時段，大於 5.28 公頃公園對其周邊降溫效果較明顯。夏季的中午與夜晚時段，與公園的相對距離和公園直徑比值小於 0.3 的空間範圍內的降溫較為明顯。

大安森林公園小尺度氣溫觀測試驗

紐約中央公園佔有紐約市的 0.4% 面積，公園中的氣象站是用來判斷紐約市百年來都市擴張與氣溫變化的重要參考站。大安森林公園面積 (約 26 公頃) 大約是台北市總面積的 0.1%，雖然只有美國紐約中央公園的 7.6%，但也是台北市區內最大與最完整性的綠地公園。為了瞭解大安森林公園 ($LSI \sim 1.12$) 是否有台北盆地都市的「冷島」角色，我們在「大安森林公園之友基金會」贊助



圖 1

下，於 2015 年冬天與夏天各進行一次短期 (48 小時) 的公園內外的氣溫同步觀測試驗，來檢視大安森林公園與周遭環境的氣溫差異程度。為了避開降雨對都市熱島現象的降溫效果，我們選定連續晴天 (有雲無下雨) 的天氣來進行實地氣溫量測。冬季個案是 2015 年 1 月 9 日 12:00 到 1 月 11

日 12:00，夏季個案則是 2015 年 7 月 28 日 12:00 到 7 月 30 日 12:00。觀測儀器是 20 組英國製 EL-USB-2 (圖 1)，可量測相對濕度和溫度 (準確度分別為 $\pm 3\%$ 和 $\pm 0.5^\circ\text{C}$)，所有儀器透過同一部電腦設定「日期時間」以及「一分鐘」量測取樣率；它們都搭配遮罩 (避免陽光直射) 並懸掛在離地 2 米高的公園樹枝或街道電線桿上，圖 2 是兩季觀測期間這些設備的空間分布位置。此外，實驗前均先在臺灣大學大氣科學系觀測坪標準氣象站，完成儀器之間的比對率定修正程序。20 組觀測資料各經過時間平均，以溫度等值線繪製後轉貼在 Google Earth 地圖上 (圖 3 和圖 4)。



圖 2

首先我們可以注意到冬季白天 (08:00am~4:00pm 時間平均)，大安森林公園南側比北側氣溫低了 $0.5\sim1^{\circ}\text{C}$ ，東北側的兒童遊憩區是公園內氣溫最高處，公園內比公園外的氣溫低了 $1\sim2^{\circ}\text{C}$ (圖 3a)；到了冬季夜間 (10:00pm~6:00am 時間平均)，公園南側氣溫仍然比北側低了 $0.2\sim0.5^{\circ}\text{C}$ ，兒童遊憩區依舊是公園內夜間到清晨期間的氣溫偏高地點，公園內外的溫差則稍稍減小到 $1\sim1.5^{\circ}\text{C}$ 。這些

氣溫同步量測資料也顯示，信義路旁的氣溫高於和平東路，建國南路路旁氣溫又高於新生南路 (圖 3b)。夏季白天 (08:00am~4:00pm 時間平均) 方面，公園東南側的大草坪成為公園內的熱區，該處氣溫跟周邊道路氣溫相差無異，並且比公園內其他區域高了 $\sim2.3^{\circ}\text{C}$ ，兒童遊憩區則是第二熱區 (高出 1°C)，南側榕樹區仍然是公園內最涼爽的區域 (圖 4a)。到了夏季夜間 (10:00pm~6:00am 時間平

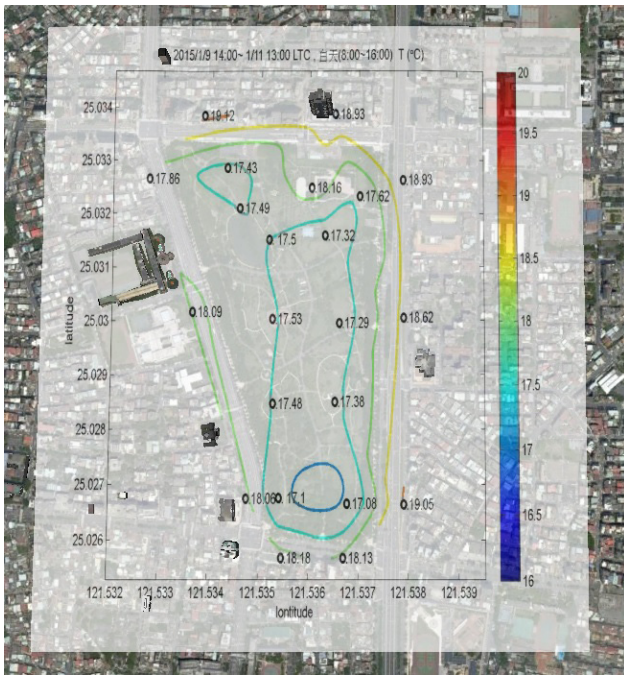


圖 3a

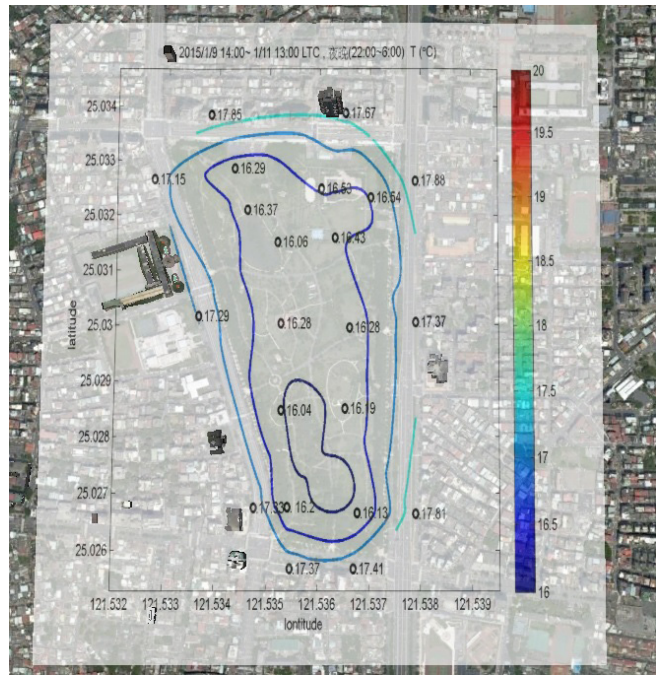


圖 3b

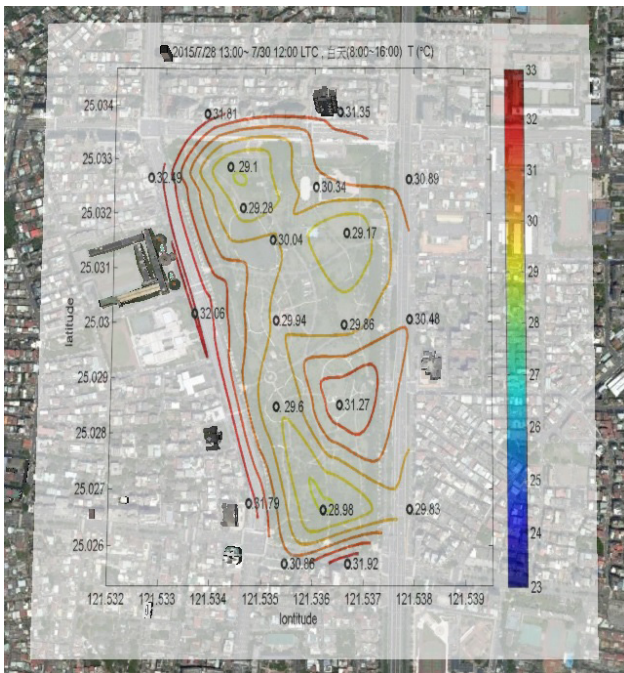


圖 4a

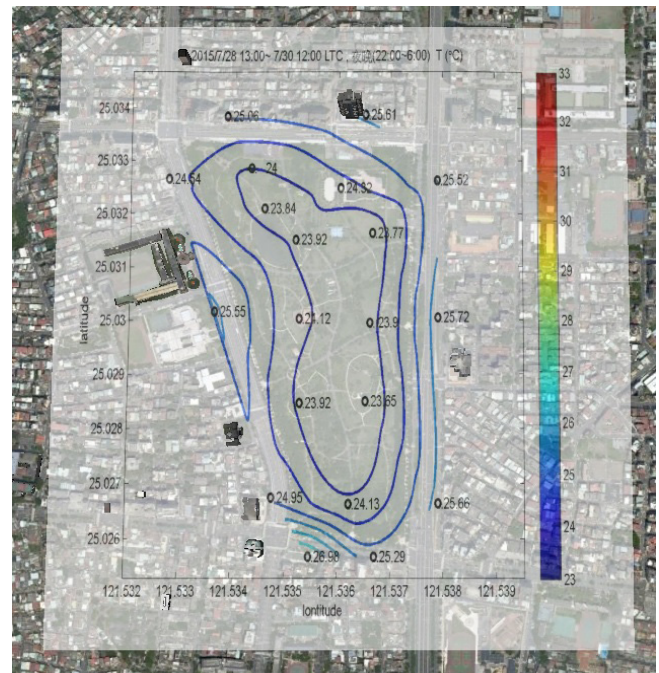


圖 4b

均)，白晝的兩處熱區就不顯著了，公園內外溫差大致有 $0.8\sim 2.7^{\circ}\text{C}$ ，最特別的夜間熱區是發生在和平東路和新生南路交會處的加油站 (圖 4b)。以上這些公園內外空間上的氣溫定量數據以及呈現的差異程度，反應了這一 26 公頃公園與周遭環境的人工建物與鋪面、車輛交通流量、空曠草地以及樹木密度等等特徵，並且證實了大安森林公園所扮演的都市冷島角色。我們下一段再討論電腦數值模式是否能反應公園的冷島事實。

公園氣象環境電腦數值模擬

由德國 Johannes Gutenberg Universität 所發展的 ENVI-met 電腦軟體 (Huttner and Bruse, 2009)，是一種介於大氣科學、環境科學以及建築景觀科學的綜合性評估工具，它已經被應用在歐洲一些城市環境小尺度氣象模擬研究 (<http://www.envi-met.com>)。因此我們嘗試運用 ENVI-met 電腦軟體，來模擬台北盆地盛行風 (東風) 情境之下，大安森林公園被周遭建物與道路包圍之下的風場氣溫濕度等因子的時間變化。甚至利用這一電腦模式來測試公園周遭地景特徵若是改變後，有無影響大安森林公園內的氣象環境。

首先我們需為 ENVI-met 軟體建立數值模擬平面的下墊面，因此蒐集與建置大安森林公園周遭 1 公里平方空間內的 2m 解析度建物數位地形資訊 (圖 5a)，以及透過 Google Earth 衛星影像和實地景象來設定大安森林公園內外的樹木、草地 (圖 5b) 甚至水池等地表植被資訊 (圖 5c)。其次，我們需先設定 ENVI-met 模式的天氣背景條件，我們選定「雲量 50%、離地 10m 高度是 1.5m-1 東風，風速並依地表摩擦效應隨高度以對數曲率遞減到地表無風，太陽位置以 7 月 23 日天文軌跡移動」。ENVI-met 模式依據這些條件從上午 6:00 開始計算積分到下午 3:00，以下我們以「情境 A」來稱呼這一過程的模擬結果。「情境 B」設計是「情境 A」再增加建國南路東側的「信義聯勤」雙棟 130~140m 高度大樓，「情境 C」設計是「情境 A」再將公園內西北方的水池設定為水泥平面；這兩種環境情境設計目的，是想了解人工建物對於大安森林公園的氣象狀態的干擾程度。

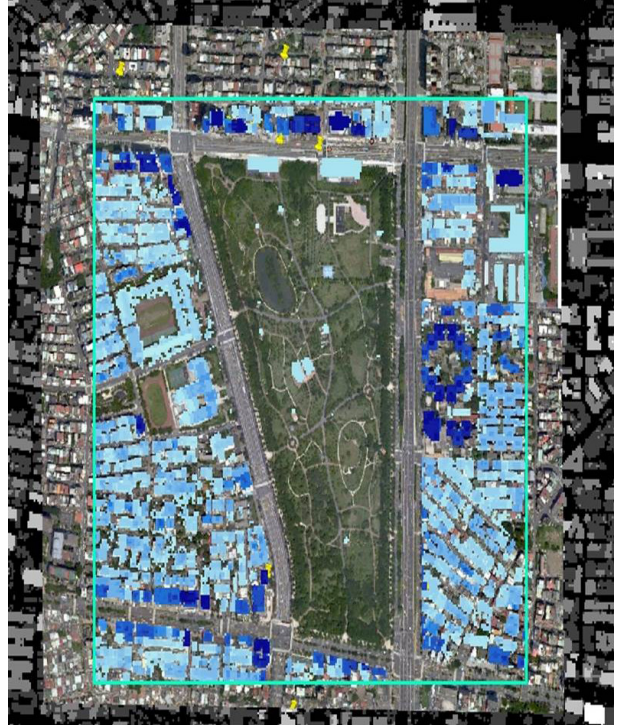


圖 5a



圖 5b

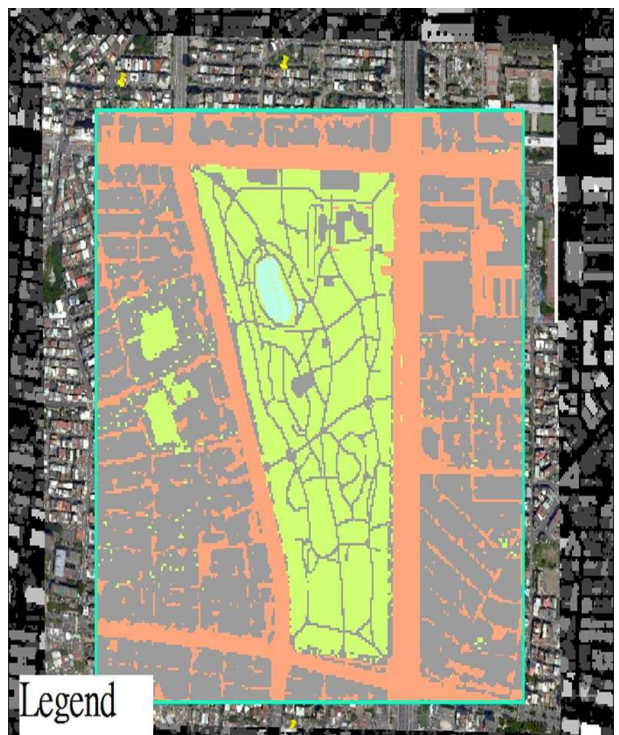
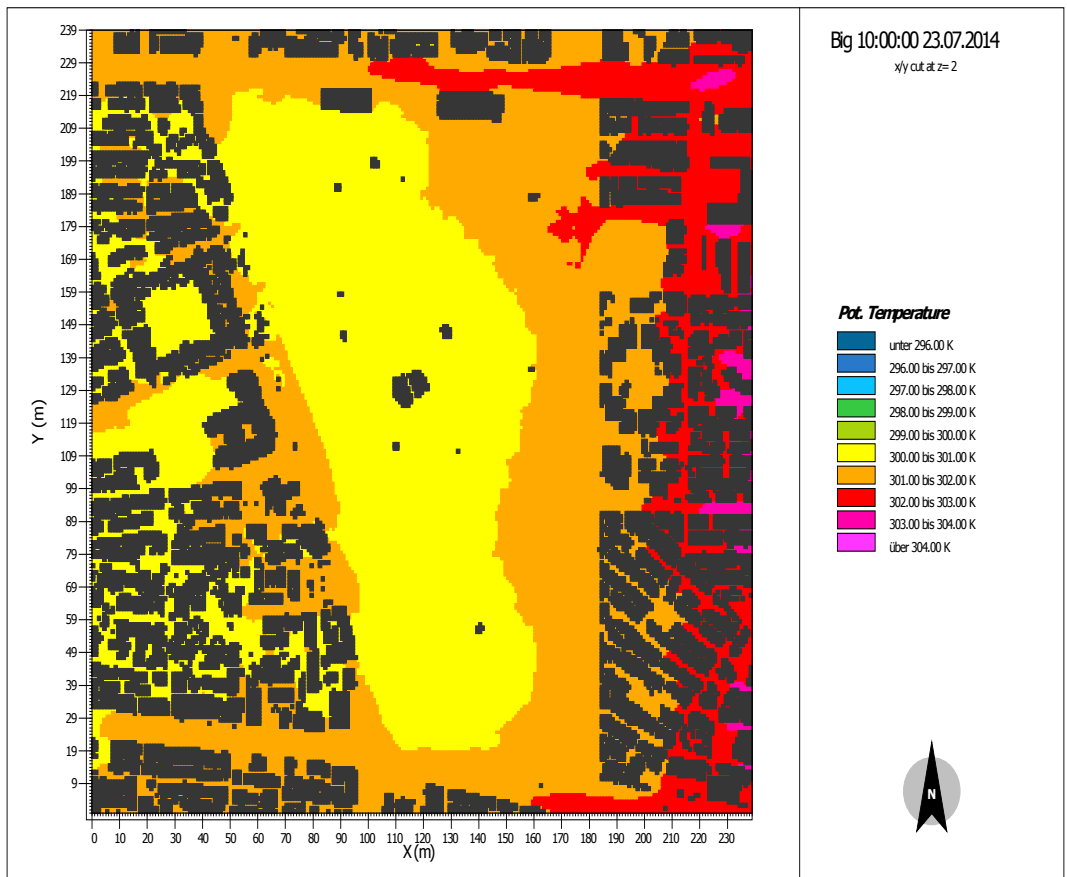


圖 5c

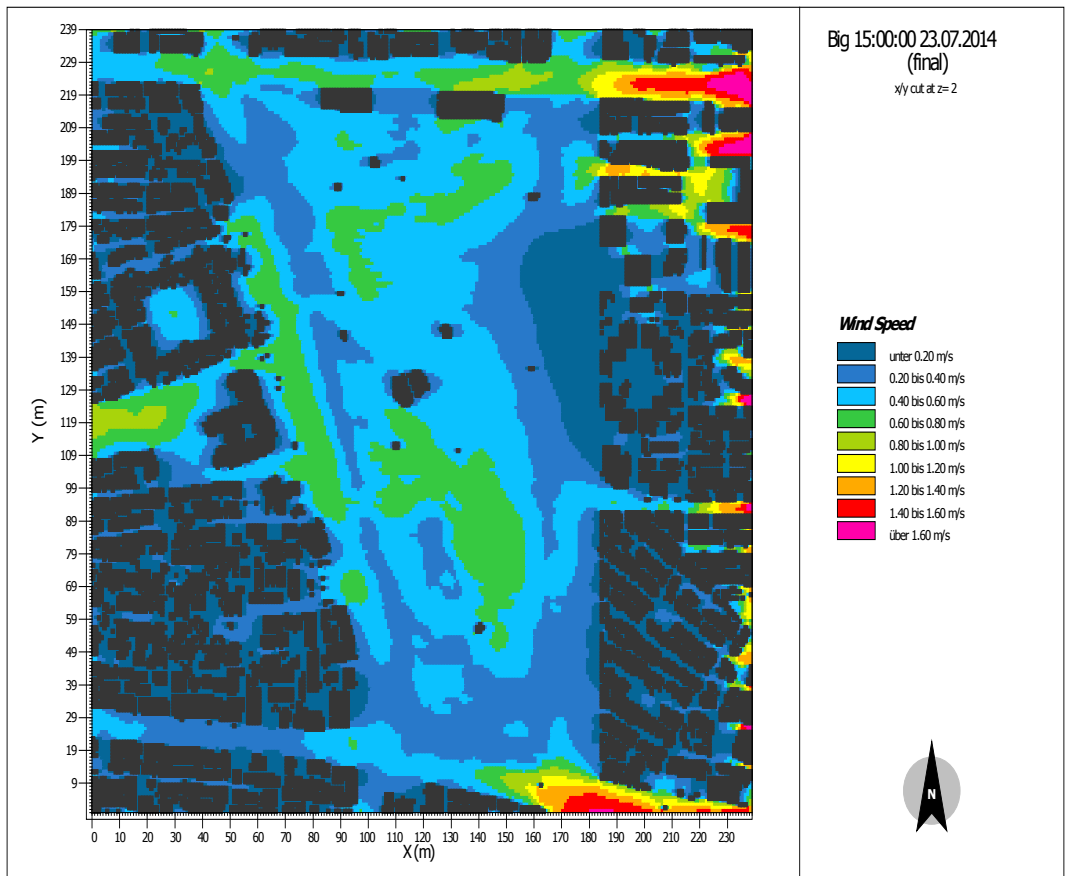
Legend



<Left foot>

<Right foot>

6



<Left foot>

<Right foot>

7

情境 A 模擬結果顯示，ENVI-met 所模擬的夏天上午 10:00 地面 2m 氣溫分布狀況 (如圖 6)，確實呈現公園的都市冷島效果，但是溫度降低只有 1°C，並無圖 3a 和圖 4a 的 1~2°C 下降幅度；公園東北側兒童遊憩區以及東南側大草坪確實有相對高溫出現，但也沒有實際觀測來得明顯。對照情境 A 和情境 B 的模擬結果，顯示「信義聯勤」雙棟大樓造成清晨時段公園兒童遊憩區的南邊有明顯太陽輻射量降低以及氣溫偏涼效應，並且也明顯減低該地區的風速 (如圖 7)。再對照情境 C 和情境 A 的模擬結果，發現 ENVI-met 數值模式並沒辦法突顯該水池更換成水泥鋪面後的氣溫與濕度改變。其中原因可能是我們對於 ENVI-met 數值模式設定不甚完整，或是該水池面積不大 (約 2% 公園面積) 而無法突顯水體對周遭微尺度環境的調節效果。

總結與展望

由兩次 48 小時的大安森林公園內外的 20 組氣溫實際觀測數據，分析結果顯示了大安森林公園，在冬季與夏季的白晝和夜間均有都市冷島的現象；這一現象在夏季比冬季明顯、白天又比夜間來得明顯；北側兒童遊憩區以及南側榕樹區分別是公園氣溫的偏高與偏低區域，東南側的大草坪在夏季白天是顯著熱區氣溫明顯升高。此外，公園東側與北側道路路邊氣溫比公園西側和南側

道路路邊氣溫來得高，夏季夜間氣溫在和平東路和新生南路交會路口 (加油站) 也有顯著偏高。公園白天的冷島現象在盛行東風情境下，ENVI-met 電腦軟體所模擬的公園內外溫差並未如實際觀測來得顯著，對於公園西北側的大水池水體的微氣象調節功能也無法顯示；不過，大安森林公園兒童遊憩區的南邊草地，受到公園東北側信義聯勤兩棟 >130m 高度大樓影響，降低了該處的風速以及日出時段陽光遮蔭與降溫現象。

經由這次的氣象環境調查以及 ENVI-met 電腦模式模擬診斷，我們有了定量數據來討論大安森林公園對台北都市的環境調適功能。可惜的是，大安森林公園內目前並沒有常態性的氣象觀測站，筆者因此邀請中央氣象局測政組同仁會同台北市公園路燈管理處同仁，在 2014 年 11 月下旬勘查公園數處可能的自動氣象站設置地點。希望這一橫向聯繫能促成中央氣象局自動氣象站的建置，並擔任這公園完整的四季連續觀測任務，甚至能有如紐約中央公園氣象站的長久歷史資料，見證台北市未來氣候變遷。這一計畫也促成我們嘗試結合氣象、地理與景觀觀點，利用德國 ENVI-met 數值模式來討論都市環境的氣象調適，雖然成果有限，但也讓我們了解跨領域知識的困難度以及必要性。我們預見未來這些專業知識的交流能在「大安森林公園之友基金會」媒介之下來同行。

參考文獻

- 林憲德，郭曉青，李魁鵬，陳子謙，陳冠廷，2001：台灣海岸型都市之都市熱島現象與改善對策解析，都市與計畫，28，323-341。
- 張琪如，李明晃，2004：都市公園與局地氣溫效應之關係研究 - 以台北市公園為例，中國文化大學景觀學研究所碩士論文，pp84。
- 嚴綾，2012：應用衛星資料探討大台北地區都市熱島效應之時空分布，中央大學太空科學研究所碩士論文，pp129。
- Cao, X., A. Onishi, J. Chen and H. Imura, 2010: Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and Urban Planning*. 96, 224-231.
- Chang, C.R., M.H. Li and S. D. Chang, 2007: A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landsc. Urban Plan.* 80, 386-395.
- Huttner, S. and M.L. Bruse, 2009: Numerical modeling of the urban climate – a preview on ENVI-MET 4.0. The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
- Jauregui, E., 1990: Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy Build.* 15-16, 457-463.
- Lei, Z., X. Lee, R. B. Smith and K. Oleson, 2014: Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature*, 511, 216-219.
- Shashua, B. L. and M.E. Hoffman, 2000: Vegetation as climatic component in the design of an urban street—an empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy Build.* 31, 221-235.
- Spronken, R. A. and T.R. Oke, 1998: The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *Int. J. Remote Sens.* 19 (11), 2085-2104.