

交通部中央氣象局

委託研究計畫(期末)成果報告

都會環境對氣象觀測的影響評估與對策探討(1/2)

計畫類別：氣象 海象 地震

計畫編號：MOTC-CWB-105-M-03

執行期間：105 年 02 月 23 日至 105 年 12 月 31 日

計畫主持人：林博雄

執行機構：國立臺灣大學 大氣資源與災害研究中心

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

- 赴國外出差或研習心得報告 1 份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告 1 份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 1 份

中華民國 105 年 12 月 2 日

目錄

目錄.....	2
圖目錄.....	3
表目錄.....	6
中文摘要.....	9
一、前言.....	11
二、研究方法.....	13
三、期末成果.....	14
3-1 都會氣象站周遭地景視野空曠度與人工熱源現況調查.....	14
3-2 都會氣象站周遭高解析數位地形建模.....	15
3-3 台北都市熱島與大安森林公園冷島調查.....	16
3-4 評估其他觀測站網(如校園氣象網)資料品質與問題.....	17
四、總結.....	19
105 年度委託研究計畫期中報告審查意見處理情形表.....	66
105 年度委託研究計畫期末報告審查意見處理情形表.....	68

圖目錄

- 圖 1 台北市大安森林公園(圖片摘自網路)。.....25
- 圖 2 都會環境 Local Climate Zone 分類表(WMO, 2008)。.....25
- 圖 3 (左)Nikon Coolpix-800 數位相機、Nikon FC-E8 魚眼鏡頭、相機腳架和水平儀，(中)拍攝觀測地點全天空彩色影像，(右)再經由影像軟體轉換成「天空為白色，遮蔽物為黑色」之黑白圖樣。.....26
- 圖 4 NEC F30 紅外相機和拍攝現場。.....26
- 圖 5 英國 LASCAR 公司 EL-USB2 溫度濕度感測器和戶外垂直剖面量測(臺灣大學大氣科學系)。.....27
- 圖 6 台北盆地數位地形與本計畫所引用的各單位氣象站網空間分布。.....27
- 圖 7 Vaisala WX520 移動式氣象站 (左:大安森林公園機房屋頂，右上:台北市新生國小屋頂，右下:中央氣象局台北測站)。.....28
- 圖 8 中央氣象局台北氣象站觀測坪天空魚眼影像與環境遮蔽換算(環境遮蔽度 23.24° ，儀器顯露度 66.76°) (2016 年 3 月 3 日中午拍攝)。.....29
- 圖 9 中央氣象局台北氣象站觀測坪人工熱源相對距離與紅外影像較顯著 ($>35^\circ\text{C}$)之比例(8.73%) (2016 年 3 月 3 日中午拍攝)。.....30
- 圖 10 中央氣象局板橋探空站觀測坪天空魚眼影像與環境遮蔽換算(環境遮蔽度 20.7° ，儀器顯露度 69.3°) (2016 年 3 月 3 日中午拍攝)。.....31
- 圖 11 中央氣象局板橋探空站觀測坪人工熱源相對距離與紅外影像較顯著 ($>35^\circ\text{C}$)之比例(17.3%) (2016 年 3 月 3 日中午拍攝)。.....32
- 圖 12 校園氣象網新生國小氣象站觀測坪天空魚眼影像與環境遮蔽換算(環境遮蔽度 9.72° ，儀器顯露度 80.28°) (2016 年 5 月 26 日中午拍攝)。33
- 圖 13 校園氣象網新生國小氣象站觀測坪人工熱源相對距離與紅外影像較顯著 ($>35^\circ\text{C}$)之比例(76.7%) (2016 年 5 月 26 日中午拍攝)。.....34
- 圖 14 中央氣象局竹北氣象站觀測坪(上)天空魚眼影像與環境遮蔽換算(下)人工熱源在紅外影像較顯著之其中之一 (2016 年 4 月 20 日中午拍攝)。35
- 圖 15 中央氣象局新竹氣象站(舊址)觀測坪(上)天空魚眼影像與環境遮蔽換算(下)人工熱源在紅外影像較顯著之其中之一 (2016 年 4 月 20 日中午拍攝)。
.....36
- 圖 16 台北市大安森林公園機房屋頂臨時氣象站(上)天空魚眼影像與環境遮蔽換算(下)人工熱源在紅外影像較顯著之其中之一 (2016 年 5 月 26 日中午拍攝)。.....37
- 圖 17 台北市大安森林公園自動氣象站站址勘查 (2016 年 10 月 12 日上午拍攝)。.....38
- 圖 18 5 套 EL-USB2 分別以離地 300cm、200cm、100cm、50cm、貼近地面等五高度懸掛成為垂直剖面量測平台。(上)臺灣大學大氣科學系地面氣象觀測坪 (下)臺灣大學大氣科學系 B 館大樓屋頂。(2016 年 6 月 22 日

	3:00pm~6月23日3:00pm).....	39
圖 19	圖 15 屋頂(上)和草地(下)兩種植被情境下的 5 套 EL-USB2(離地高度 300cm、200cm、100cm、50cm、貼近地面)的氣溫時間序列。(2016 年 6 月 22 日 3:00pm~6 月 23 日 3:00pm).....	40
圖 20	圖 15 屋頂(上)和草地(下)兩種植被情境下的離地高度 200cm 氣溫(黑線)以及 200cm 高度氣溫和近地表氣溫差異(紅線)的時間序列。(2016 年 6 月 22 日 3:00pm~6 月 23 日 3:00pm).....	41
圖 21	台北市政府工務局發售的台北市數位地圖編號。.....	42
圖 22	台北市政府工務局發售的台北市數位地圖#3944(公園路中央氣象局附近)經過高度拉撐後的 3D 地圖(不同俯視角度)。.....	43
圖 23	台北市政府工務局發售的台北市數位地圖#4142(大安森林公園附近)經過高度拉撐後的 3D 地圖(不同俯視角度)。.....	44
圖 24	新北市政府工務局發售的數位地圖#30360 和 46680(板橋浮洲樹林交界一帶)經過高度拉撐後的 3D 地圖(不同俯視角度)。.....	45
圖 25	日本 CRADLE 公司 Stream (CFD) Model 東風情境下(地面無風速、10m 高度風速 10 m/s 的 log 剖面風場)通過圖 19(中央氣象局附近)3D 地景的離地 10m 的流場與風速分布。.....	46
圖 26	日本 CRADLE 公司 Stream (CFD) Model 東風情境下(地面無風速、10m 高度風速 10 m/s 的 log 剖面風場)通過圖 20(大安森林公園附近)3D 地景的離地 10m 的流場與風速分布。.....	47
圖 27	日本 CRADLE 公司 Stream (CFD) Model 東風情境下(地面無風速、10m 高度風速 10 m/s 的 log 剖面風場)通過圖 21(板橋測站附近)3D 地景的離地 10m 的流場與風速分布。.....	48
圖 28	2006 年到 2015 年 10 年期間 1~3 月板橋氣象站風花圖一覽。.....	49
圖 29	2006 年到 2015 年 10 年期間 4~6 月板橋氣象站風花圖一覽。.....	50
圖 30	2006 年到 2015 年 10 年期間 7~9 月板橋氣象站風花圖一覽。.....	51
圖 31	2006 年到 2015 年 10 年期間 10~12 月板橋氣象站風花圖一覽。.....	52
圖 32	EcoTect Model 估算中央氣象局台北氣象站(紅色)在春分、夏至、秋分、冬至(由上而下)四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的建物日光陰影之疊加圖。.....	53
圖 33	EcoTect Model 估算板橋氣象站(紅色)在春分、夏至、秋分、冬至(由上而下)四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的建物日光陰影之疊加圖。....	54
圖 34	EcoTect Model 估算新生國小氣象站周遭在春分、夏至、秋分、冬至(由上而下)四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的建物日光陰影之疊加圖。.....	55
圖 35	台北盆地內氣溫之高度遞減率。三組不同高度之氣溫來自 CWB 信義測站(台北市政府頂樓:71m)、台北 101 的 34F 露台(151m)、台北 101 的 82F 露台(353m)。.....	56
圖 36	台北 101 的 34F 露台(151m)和 82F 露台(353m)氣溫與臺灣大學大學大氣科學系無線電探空觀測之比較。.....	56

圖 37	2015 年 1 月 10 日清晨(06:00LTC)與下午(14:00LTC)台北盆地 20 處測站經過高度換算到 10m 高度的氣溫距平(以當日當時所有測站氣溫算數平均值為準)。	57
圖 38	2015 年 7 月 29 日清晨(06:00LTC)與下午(14:00LTC)台北盆地 20 處測站經過高度換算到 10m 高度的氣溫距平(以當日當時所有測站氣溫算數平均值為準)。	58
圖 39	2015 年 1 月(上)和 7 月(下)台北、淡水以及深坑三處氣象局測站月平均逐時氣溫時間序列。	59
圖 40	2015 年 7 月 27 日 00-06-12-18UTC 四時刻台北盆地氣溫分布(實心白點為氣象局測站位置)。	60
圖 41	2015 年 7 月 27 日 04、12UTC 兩時刻有無校園氣象網資料的台北盆地氣溫分布(實心白點為氣象局測站位置，黑點則為校園氣象網位置)。	60
圖 42	(上) WXT520 套件氣溫觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(下) WXT520 套件濕度觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(2016 年 8 月 26 日~9 月 2 日 WXT520 套件置放在台北氣象站觀測坪)	61
圖 43	(上) WXT520 套件氣溫觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(下) WXT520 套件濕度觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(2016 年 5 月 19 日~7 月 1 日 WXT520 氣象套件置放在大安森林公園機房 1F 屋頂)。	62
圖 44	(上) WXT520 套件氣溫觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(下) WXT520 套件濕度觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(2016 年 7 月 1 日~8 月 26 日 WXT520 氣象套件置放在新生國小屋頂)。	63
圖 45	板橋氣象站 2006 年到 2015 年各年 365 天的風花圖一覽。	65

表目錄

表 1 本年度現地調查之氣象站環境遮蔽度(儀器顯露度)一覽。	23
表 2 台北測站的全年度各時刻的日照率(EcoTect Model 估算)。	23
表 3 板橋測站的全年度各時刻的日照率(EcoTect Model 估算)。	24
表 4 新生國小氣象站測站的全年度各時刻的日照率(EcoTect Model 估算)。	24

政府研究計畫(期末)報告摘要資料表

計畫中文名稱	都會環境對氣象觀測的影響評估與對策探討(1/2)		
計畫編號	MOTC-CWB-105-M-03		
主管機關	交通部中央氣象局		
執行機構	國立臺灣大學大氣資源與災害研究中心		
年度	105	執行期間	02/23~12/31
本期經費 (單位：千元)	790		
執行進度	預定(%)	實際(%)	比較(%)
	100	100	0
經費支用	預定(千元)	實際(千元)	支用率(%)
	790	790	100
研究人員	計畫主持人	協同主持人	研究助理
	林博雄		王璿瑋
報告頁數	70	使用語言	中文
中英文關鍵詞	都市氣象、粗糙度、都市熱島、大安森林公園 urban meteorology、roughness、urban heat island、Da-an Park		
研究目的	本計畫目的是針對台北市中心的中央氣象局台北氣象站觀測坪、板橋測站、大安森林公園自動站(預定 2017 年新增)以及大安森林公園西側的台北市新生國小校園氣象站，進行都會氣象觀測環境的影響評估，建立未來氣象站遷移的評估程序。		
研究成果	(1)氣象站周遭地景的粗糙度(視野空曠程度)定量估計 (2)氣象風場、太陽輻射觀測受到周遭建物干擾模擬程度 (3)氣象站周遭顯著人工熱源現況定量資訊 (4)定量評估台北都市熱島與大安森林公園冷島現象 (5)評估其他觀測站網(如校園氣象網)的資料品質與問題。		
具體落實應用情形	1. 完成都會氣象站周遭地景視野空曠度之定量估計 2. 完成都會氣象站周遭人工熱源現況調查與台北市和新北市政府工務局高解析數位地形資料建置和流場模擬 3. 完成台北都市熱島與大安森林公園冷島現象初步調查 4. 完成不同地表屬性的近地面溫度剖面觀測調查 5. 完成 2016 年 7 月 27 日台北熱浪個案前後 12 小時空間分布分析		

計畫變更說明	無
落後原因	無
檢討與建議 (變更或落後 之因應對策)	建議未來自動氣象站網規劃方向在防災需求完備後，轉向都會人居 環境議題之結合。

(以下接全文報告)

中文摘要

針對都會地景與人為熱源造成氣象觀測環境的衝擊，世界氣象組織「氣象儀器與觀測方法指引」特別以「urban observations」章節加以建議都市氣象觀測的需求，本計畫將以台北市中心中央氣象局台北氣象站觀測坪、板橋測站、大安森林公園自動站(預定 2017 年新增)以及大安森林公園西側的台北市新生國小校園氣象站，進行為期兩年的都會氣象觀測環境的影響評估，建立未來氣象站遷移的評估程序，讓氣象資料的長期紀錄有客觀性的調整。本計畫第一年執行的工作項目包括:(1)氣象站周遭地景粗糙度(氣象儀器顯露程度)定量估計 (2)氣象風場、太陽輻射觀測受到周遭建物干擾模擬 (3)氣象站周遭顯著人工熱源現況定量資訊 (4)定量評估台北都市熱島與大安森林公園冷島現象(5)評估其他觀測站網(如校園氣象網)的資料品質與問題。氣象站周遭地景粗糙度(視野空曠程度)定量估計方面，透過魚眼數位影像得出各測站地面觀測坪和測風塔的環境遮蔽現況(儀器顯露度)。氣象站周遭人工熱源調查方面，透過熱紅外溫度數位相機環場影像給出定量參考。本計畫透過台北市政府和新北市政府工務局購置的數位地形圖檔建置了氣象站周遭建物立體圖層，置入日本 Cradle 公司 Stream 工程計算流體力學(CFD)軟體，以及美國 AutoDesk 公司 EcoTect 軟體，分析人工建物和自然地景在盛行風場以及四季節的太陽軌跡，定量描述氣象觀測地點的風場與日照被人工建物扭曲遮蔽的特徵。本計畫亦透過 2016 年 7 月 27 日台北熱浪個案，檢視校園氣象網(經過新生國小氣象站氣溫資料檢核)加入現有局屬測站資訊，重新調整都市熱島區塊位置。最後，本計畫協助中央氣象局與台北市政府公工務局公園路燈管理處，於 10 月完成大安森林公園氣象站之場地勘查，並促成林業試驗所與中央氣象局互訪與討論雙方在都會生態氣象監測之合作。

關鍵詞：都市氣象、粗糙度、都市熱島、大安森林公園

Abstract

In order to deal with the impact of urban landscape and anthropogenic heating sources on meteorological observations, World Meteorological Organization (WMO) proposes a chapter, urban observations, in 「Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation」 technical report. In this two-year project, CWB (Central Weather Bureau) weather stations at Taipei, Banchiao, Da-an Park (proposed site in 2017) and campus weather station (School Net) in Xinsheng Elementary School of Taipei, will be revised on the environmental impact and build the evaluation procedure on the movement of meteorological sites. It also provides the reference for the consistency of long-term meteorological dataset. The goals in the first year include: (1) quantitative estimation on environmental roughness (instrumental exposure) in each weather station (2) simulation on the wind and solar radiation disturbance by building. (3) investigation on anthropogenic heat sources surrounding the sites (4) investigation on urban heat island of Taipei Basin and the cooling effect by Da-an Park. (5) evaluation on the data quality from campus weather network. We provided the instrumental exposure degree for each site by fish-eye digital camera images. One IR thermal digital camera is used to survey the heating sources surrounding the weather stations. We purchased digital terrain map (DTM) from Taipei and New Taipei City Hall to construct the 3-dimensional street canopies covering the stations. These 3D maps are treated as the surface layer in Cradle/Stream CFD model and AutoDesk/Ecotect model. The prevailing wind flow patterns and sun shadows are simulated well for sites reference. Meteorological data quality from School Net and its impact to CWB network is revised through the heat-wave case of July 27, 2017 in metropolitan Taipei is studied. We find reliable and high density measurements could re-map the location of hot-spots in city. Finally, we set the bridge between CWB and The Parks & Street Lights Office of Taipei City Hall in October and confirmed the location of weather station in Da-An Park. Meanwhile, we also created the interaction between CWB and Taiwan Forestry Research Institute. The cooperative issue on urban ecological monitoring is discussed.

Keywords: urban meteorology 、 roughness 、 urban heat island 、 Da-an Park

一、前言

由於都市環境隨著城市建築、交通網持續建設與人口發展，汽機車與建物空調機組熱氣排放等等，對於大氣邊界層氣流(風場)、氣溫、濕度以及太陽輻射量等參數都產生人為性的干擾，這種通風效率低、高度人工熱氣影響下的大氣環境，綜合表徵出「都市熱島 (urban heat island,以下簡稱 UHI)」。UHI 已經透過衛星遙測和地面觀測廣為研究證實(Fabrizi et al.,2011;林等, 2001)以及大眾媒體熟知, Kusaka et al. (2009)討論日本筑波市在冬季的 UHI 現象($\sim 4^{\circ}\text{C}$ 溫差), 孫(2008)曾利用 FORMOSAT-2 與 ASTER 衛星測影像進行台灣地區都會 UHI 現象, 嚴(2012)也利用 1990~2009 年 Landsat 衛星影像來探討大台北地區 UHI 時空分布特性, 並指出大台北地區在夏季地表溫度可高於鄉村地區達 $\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。

都會地景隨著城市發展一再快速變動, 除了造成 UHI 現象, 也造成氣象觀測環境變遷並影響氣象資料的一致性(consistency)漂移現象或甚至中斷, 讓都會小尺度天氣現象或是較長期的氣候分析的氣象資料代表性受到質疑, 進一步延伸到氣候變遷全球暖化的爭議; Davey and Pielke (2005)針對美國各州常規性自動氣象站環境遮蔽嚴重現象, 提出美國全國氣候測站重建之方針。中央氣象局在全台本島各地數個綜觀氣象站也曾面臨類似觀測環境變遷與觀測坪被遮蔽的問題, 比如宜蘭測站以及台南永康測站因緊鄰的力行國小和民宅大樓影響了風速風向觀測; 基隆測站、台北測站以及淡水測站(高, 2014)也曾因都市計畫需求或是氣象站更新建築物而搬遷; 嘉義測站周遭農田面積逐漸縮小, 高雄測站因前鎮漁港擴張也逐漸壓縮能見度和氣溫觀測。顯然, 都市地區氣象觀測不同於氣候與綜觀天氣需求的氣象站常規需求, 因此世界氣象組織「氣象儀器與觀測方法指引(the Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation)」Part-2 的第 11 章「urban observations」(WMO, 2008), 提出如何標定都會氣象觀測環境與觀測方法的建議。

都會環境中常提及「公園綠地」對於都會氣象觀測人為干擾的緩和(都市熱島效應的冷島效果), 以及提出空間解析度更高的氣象觀測網絡(Lee et al.,2015), 來建構城市尺度氣候帶概念(Local Climate Zone,以下簡稱 LCZ; Steward and Oke, 2012)。公園綠地在地表植被和群聚樹木環境的氣溫量測, 與都會其他人為環境的氣溫有顯著差異, 一些研究發現公園冷島效應較其鄰近區域氣溫低 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$, 有時甚至低了 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ (Jauregui, 1990; Smith and Oke, 1998; Cao, 2010)。都會公園以美國紐約市中央公園(面積 3.41 km^2)最為大眾熟悉, 該公園面積是紐約市的 0.4%, 中央公園內 Belvedere Castle 自從 1876 年就設立氣象觀測站, 提供紐約都市熱島與公園冷島現象數據(Gaffin et al.,2008), 以及該公園環境生態機調查的背景資訊。東京最大市立昭和紀念公園(1.63 km^2)是東京的 0.26%, 台北市市區內最大腹地的大安森林公園(面積 25.9 公頃)則佔有台北市總面積 0.1%(圖 1), 雖然大安森林公園只有紐約中央公園的 7.6%以及東京昭和公園的 15.9%, 不過其綠地面積以及與周遭建物距離條件, 具備了常規氣象站較有利的觀測環境, 同時也適度調降該地區氣溫的可能性(張, 2004)。

綜合以上論述, 本計畫目標將以台北市中心的中央氣象局台北氣象站觀測坪、板

橋測站、大安森林公園自動站(預定 2017 年新增)以及大安森林公園西側的台北市新生國小校園氣象站，進行為期兩年的都會氣象觀測環境的影響評估，建立未來氣象站遷移的評估程序，讓氣象資料的長期紀錄有客觀性的調整。

本計畫第一年所將執行的工作項目包括:(1)氣象站周遭地景的粗糙度(視野空曠程度)定量估計 (2)氣象風場、太陽輻射觀測受到周遭建物干擾模擬程度 (3)氣象站周遭顯著人工熱源現況定量資訊 (4)定量評估台北都市熱島與大安森林公園冷島現象(5)評估其他觀測站網(如校園氣象網)的資料品質與問題。以上成果預期在第二年可歸納出板橋測站因需求必須進行遷移與新地點環境之具體評估項目，以及做為中央氣象局各城鄉氣象測站選址與搬遷需求的作業參考。

二、研究方法

第一年計畫所規劃的計畫工作項目之執行方法，逐項說明如下：

(1) 氣象站周遭地景的粗糙度(視野空曠程度)定量估計/

根據 WMO (2008) 「urban observations」內容，都市 roughness 程度大致以 LCZ 方法(圖 2)來簡易分類，本計畫改以日本 Nikon coolpix 800 相機與 FC-E8 魚眼鏡頭(圖 3)相機 360 度環場影像分析(林，2003)，來更明確描述指定地點(比如中央氣象局台北氣象站、板橋測站、大安森林公園自動站(預定 2017 年新增)，以及台北市新生國小校園氣象站)被周遭人工建物與自然地景遮蔽之定量程度，而不是 roughness 定性等級性指標。此外，分析板橋測站周遭浮洲合宜住宅群興建前後的地景粗糙度改變程度對於測站風場觀測的干擾現象。本計畫也將扮演中央氣象局與其他公務或是民間單位(比如台北市政府工務局公園路燈管理處、農業委員會林業試驗所、大安森林公園之友基金會)之間的溝通橋梁，讓大安森林公園自動站能做為台北都會綠地生態區塊氣象環境監測之先驅性測站。

(2) 氣象風場、太陽輻射觀測受到周遭建物干擾模擬程度/

利用日本 Cradle 公司 Stream 流體力學計算(Computational Fluid Dynamics, CFD) 數值模式以及美國 AutoDesk 公司 EcoTect 程式，向台北市和新北市政府工務局申請高解析數位地形資料，來模擬評估台北盆地盛行風場情境下，測站風速風向以及日照時數與太陽輻射觀測被周遭人工建物與自然地景干擾的程度。

(3) 氣象站周遭顯著人工熱源現況定量資訊/

利用日本 NEC 公司 F30S (圖 4)紅外線熱顯影照相機拍攝中央氣象局台北氣象站、板橋測站、大安森林公園自動站(預定 2017 年新增)以及台北市新生國小校園氣象站的周遭人工建物與自然物件，進行人工熱源的定量紀錄與分析。藉由 10 套英國 LASCAR 公司 EL-USB2(圖 5)氣溫感測套件的近地面垂直剖面觀測，來分析屋頂水泥地板與公園草地植被的地表熱源干擾程度。

(4) 評估都市熱島與公園冷島現象/

透過台北盆地內現有中央氣象局氣象(自動)測站觀測網，包含板橋、五股、石牌、土城、中和、永和、士林、蘆洲、三重、社子、南港、大直、台北、信義、新莊、深坑等 16 站點(圖 6)以及大安森林公園(預定 2017 年新增，已於 2016 年 10 月完成場地勘查)，分析台北盆地的都市熱島效應以及都會大型公園可能扮演的冷島效應程度。

(5) 評估其他觀測站網(如校園氣象網)的資料品質與問題/

透過新生國小(屋頂)氣象站過去觀測資料與上一小節所提及站點的空間內插分析，評估校園氣象網資料品質。透過本計畫的整合型 WXT520 移動式氣象站當作遊校參考品，來比對新生國小(屋頂)氣象站、大安森林公園測站(預定 2017 年新增)以及中央氣象局台北氣象站(圖 7)，間接評估以上三處測站在都會不同地景的氣象觀測差異程度。

三、期末成果

3-1 都會氣象站周遭地景視野空曠度與人工熱源現況調查

本計畫這一項目分別於下列時段完成測站(觀測坪中央、測風塔地板)天空的魚眼影像和紅外影像的環場拍攝，以分析該地區周遭地景視野遮蔽程度與人工熱源現況調查：

- 2016年3月3日：板橋測站、中央氣象局台北氣象站
- 2016年4月20日：竹北測站、新竹公園氣象站舊址
- 2016年5月26日：大安森林公園機房屋頂、台北市新生國小
- 2016年10月12日：中央氣象局大安森林公園自動氣象站站址

表 1 整理了上述六處地點的環境遮蔽度(單位:0~90°，或稱儀器顯露度)，數值越大代表儀器受到周遭環境的遮蔽程度越大(儀器顯露越嚴重干擾)。遮蔽程度的影像分析流程說明如下: 拍攝雨量筒筒口上方之全天空彩色影像，再經由影像軟體將數位影像轉換成「天空為白色，遮蔽物為黑色」之黑白圖樣，利用黑色內緣(遮蔽物上緣)與影像中心點之距離 R，來求取遮蔽物上緣相對於集雨口之仰角 θ (經驗公式 $R=423.7*\cos\theta/(\sin\theta+1.9)$ 其中 423.7 以及 1.9 為經緯儀測量實驗的最小平方法所求出的常數)。每一環場影像以 1° 解析度切割求出 360 個 θ 值，再取其平均值即為代表雨量筒周遭環境相對於筒口的定量遮蔽值。根據 2008 年世界氣象組織(WMO)氣象儀器與觀測規範第六章「降水」之內容，雨量筒筒口儀器顯露度區分為以下四種等級:

1. 0~5° 屬於「Exposed site」(顯露)
2. 6~12° 屬於「Mainly exposed site」(大致顯露)
3. 13~19° 屬於「Mainly protected site」(大致遮蔽)
4. 20~26° 屬於「Protected site」(被遮蔽)

圖 8 整理了中央氣象局台北氣象站觀測坪向上天空遮蔽以及周遭人工建物與樹木環繞概況，以及測站觀測坪四周顯著熱源的相對位置；圖中顯示台北中央氣象局台北氣象站地面觀測坪環境遮蔽度數據是 19.7° (測風塔則是 23.5°，因過多其他支架所造成)，剛超過 19° 的「被遮蔽」等級；中午時刻測站各方位熱源(>35°C)相對距離以及面積總比例是 8.73%，尚稱理想。圖 10 整理了中央氣象局板橋測站觀測坪向上天空遮蔽以及周遭人工建物與樹木環繞概況，以及測站觀測坪四周顯著熱源的相對位置；圖中顯示台北中央氣象局板橋測站的地面觀測坪環境遮蔽度數據是 20.9° (測風塔則是 19.2°)，超過 19° 的「被遮蔽」等級；中午時刻測站各方位熱源(>35°C)相對距離以及面積總比例是 17.26%，不致過度嚴重(圖 11)。圖 12 整理了新生國小屋頂測站向上天

空遮蔽以及周遭人工建物與樹木環繞概況，以及測站觀測坪四周顯著熱源的相對位置；圖中顯示台北中央氣象局板橋測站的地面觀測坪環境遮蔽度數據是 9.72° （測風塔則是 19.2° ），屬於「大致顯露」等級；中午時刻測站各方位熱源($>35^{\circ}\text{C}$)相對距離以及面積總比例是 76.7%，人工熱源干擾非常嚴重(圖 13)。

圖 14 整理了中央氣象局竹北氣象站觀測坪向上天空遮蔽以及周遭人工建物與樹木環繞概況，以及測站觀測坪四周顯著熱源的相對位置；圖中顯示台北中央氣象局竹北測站地面觀測坪環境遮蔽度數據是 15.8° （測風塔則是 11.5° ），屬於「大致遮蔽」等級；本計畫也記錄了新竹氣象站舊址(新竹公園山丘樹林內)的向上天空遮蔽以及周遭人工建物與樹木環繞概況(圖 15)，該處地點房舍和觀測坪已經被樹木緊密環繞，因此地面觀測坪環境遮蔽度數據是 90° (樹冠下的完全遮蔽)。

圖 16 整理了大安森林公園機房屋頂向上的天空遮蔽以及周遭人工建物與樹木環繞概況，臨時氣象站所處地點的環境遮蔽度數據是 15.8° ，也是「大致遮蔽」等級，主要是鄰近樹木枝條所造成。2016 年 10 月 12 日本計畫會同中央氣象局以及台北市政府公園路燈管理處，完成大安森林公園自動氣象站設置地點場地勘查，放棄原先的機房水泥屋頂改到草地(圖 17)，以貼近民眾步道和做為環境教育解說用途；勘查之後選定了公園 4 號與 9 號出口之間中段(幾乎是公園中心位置)的灌木草地，該地點沒有人工建物和熱源，但是仍有樹木植栽造成 18.9° 之環境遮蔽。

為評估草地與水泥地兩種不同地表狀態可感熱通量，對於地面氣溫感測器量測高度的影響程度，本計畫於 2016 年 6 月 22 日 3:00pm~6 月 23 日 2:00pm 期間以兩套大型支架，5 套 EL-USB2 各以離地 300cm、200cm、100cm、50cm、貼近地面等五高度懸掛成垂直剖面(圖 18)，並以分鐘解析度來記錄臺灣大學大氣科學系地面氣象觀測坪(草地)，以及一旁的臺灣大學大氣科學系 B 館大樓屋頂(兩地相距 57m，屋頂離地高度約 10m)的近地面垂直剖面觀測(RC 水泥)，來分析屋頂水泥地板(人工植被)與泥土草地(自然植被)的地表熱源干擾程度(圖 19)。圖 20 顯示 6 月 23 日清晨以及中午 13:00 時段，RC 屋頂 2 公尺氣溫與近地表氣溫有 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的溫度差異；相對地，草地則僅有 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的溫度差異。此外，屋頂中午氣溫(2m 高度)可達 $\sim 39.5^{\circ}\text{C}$ ，草地(2m 高度)則有 $\sim 38.3^{\circ}\text{C}$ 。由於 RC 水泥可感熱通量在強烈陽光天氣情境下應大於草地植被，我們也檢查近 1440 筆的 3m 高度與 2m 高度的氣溫觀測值差異程度(T_{3m-2m})，得到屋頂的 T_{3m-2m} 是 -0.298°C ，草地的 T_{3m-2m} 是 0.107°C (儀器誤差之內)，因此這一結果顯示氣象站的地表植被鋪面確實會影響氣溫觀測。

3-2 都會氣象站周遭高解析數位地形建模

台北市政府公開大眾申請的數位圖檔範圍與編號總覽如圖 21，本計畫於 2016 年 5

月中旬向新北市政府和台北市政府工務局，分別申請了板橋測站與捷運土城機廠（地圖編號#2935~#2937 以及#3035~#3037 等 6 張）、中央氣象局台北氣象站(地圖編號#3944) 以及大安森林公園(地圖編號#4142~#4143 與#4242~#4243 等 4 張)等，這些都會氣象站周遭地景的高解析(~5m 解析度)數位地形資料檔。本計畫透過 SketchUp 軟體一一將這些二維圖面中有關建物高度數據加以立體化(假設每一樓層是 3m 高度)，建置成三維的立體地景。圖 22~圖 24 分別是(1)中央氣象局台北氣象站所在的台北市中正區公園路的立體圖面、(2)板橋測站所在板橋大觀路、浮洲合宜住宅群、大漢溪等立體圖面 (3)新生國小與金華國中、清真寺與大安森林公園立體圖面。這些圖面立體化過程冗長耗時，本計畫完成這些建築立體模型後匯入進日本 Cradle 公司 Stream (CFD) Model 以及美國 AutoDesk 公司 EcoTect Model，用來進一步模擬氣象站周遭建物對於台北盆地盛行風的氣流影響程度。圖 25~圖 27 分別以地面風速為 0、10m 高度風速 10 m/s 並取自然對數為垂直剖面風速變化的東風(盛行風)輸入 Stream Model，數值模式穩定後得出三處地區離地 10m 高度水平剖面的流場特徵，以做為人工建物對於風場干擾的參考。

為了評估浮洲合宜住宅群(面積約為 6.60 公頃~4,300 戶，2011 年開始動工建設、2015 年完成進入硬體審查與驗收交屋)對於中央氣象局板橋測站的干擾程度，圖 28~圖 31 呈現 2006 年到 2015 年 10 年期間 1~12 月板橋氣象站風花圖一覽，以及各年度 365 天樣本的風花圖(圖 45)；圖中顯示 2014 年與 2015 年兩年的 1~5 月以及 10~12 月的東風和東北風頻率與強度，和 2006~2013 年型態有顯著改變(東風減少、東北風增加)。

至於建物對於測站造成陰影遮蔽的程度，我們透過 EcoTect Model 演算出春分、夏至、秋分、冬至等四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的陰影疊加(如圖 32~圖 34)，以及各測站四季和逐時的日照率(0~100%)參考表(表 2~表 4)。

3-3 台北都市熱島與大安森林公園冷島調查

本計畫使用台北盆地內中央氣象局 16 處自動觀測站、臺灣大學臨時架設的大安森林公園臨時氣象站以及關渡濕地通量氣象站、民用航空局台北航空站(松山機場)以及環保署松山站等共 20 處站點(空間分布如圖 6 所示)所觀測之氣溫，進行台北盆地都市熱島效應之檢視。由於上述 20 處氣象站的測站海拔高度不同，因此需要將溫度修正到相同的參考高度。本計畫使用臺灣大學於台北 101 金融大樓 82 樓(海拔 353m)與 34 樓(海拔 151m)露台的 WXT520 感測器的氣溫數值，再配合中央氣象局信義測站(台北市政府頂樓，海拔 71m)以及環保署松山站(松山國小，海拔 15m)所構成的垂直氣溫剖面，來求出台北盆地氣溫隨高度遞減率(圖 35)，將各個觀測點的氣溫觀測數值修正到離地高度 10m 的參考高度。至於台北 101 金融大樓的兩層露臺氣溫觀測數值可信度，我們將它們與 3 公里外的臺灣大學大氣科學系觀測坪因教學實驗觀測的 32 筆無線電探空資料樣本進行同日同高度的比對，發現兩者之間的線性相關性都達 0.98 以上(圖 36)，因此

我們認為台北 101 金融大樓露臺的氣溫觀測數值可以採用加以分析。

圖 37 與圖 38 分別是 2015 年 1 月 10 日(代表冬季)以及 2015 年 7 月 29 日(代表夏季)清晨 6:00 (06:00LTC) 和下午 2:00 (14:00LTC)時刻，扣除當日前後兩天的台北盆地所有測站氣溫平均值，以距平數值來討論台北市區、公園、關渡平原濕地、空曠松山機場等地景的氣溫差異程度。以 6:00 LTC 與 14:00 LTC 之溫度分布來看，這兩天台北盆地的市區都市熱島效應並不明顯，反而是呈現北熱南冷的型態。夏季 14:00LTC 顯示出信義、三重與蘆洲測站偏熱，台北測站與大安森林公園一帶呈現顯著冷區，公園冷島 ΔT (大安森林公園和周遭的溫差)約為 1.4°C ，冬季的公園冷島 ΔT 則有 $<0.5^{\circ}\text{C}$ ；換言之，夏季的公園冷島效應比冬季明顯。我們再以台北(測站海拔 6.6m)、淡水(測站海拔 20m)以及深坑(測站海拔 57m)三處氣象局測站 2015 年 1 月和 7 月的逐時平均氣溫，來確認台北盆地內外氣溫的差異程度，圖 39 顯示無論冬季或是夏季不同日夜時刻，都會區(台北)比郊區(淡水與深坑)溫暖 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ；若考慮測站海拔高度的溫度遞減率修訂 ($-0.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)，市區仍有 $\sim 1^{\circ}\text{C}$ 的偏溫現象。我們進一步以 2016 年 7 月 27 日(高溫熱浪個案)來評估台北盆地 16 處測站所反應的氣溫空間分布(圖 40)，各測站氣溫並未依據海拔高度進行修正，其結果和圖 31~圖 32 有所不同；因此都市熱島和公園冷島效應，仍有待下一年度各測站環境和高度修訂等詳細分析後再來驗證。

3-4 評估其他觀測站網(如校園氣象網)資料品質與問題

為了解校園氣象站網加入中央氣象局自動觀測網，是否能藉由觀測空間密度增加而凸顯出更細微的都會氣象環境特徵？我們同樣透過 2016 年 7 月 27 日(高溫熱浪個案)來評估圖 34 特徵有何改變。圖 41 是加入校園氣象站網氣溫數據之後，7 月 27 日當天台北盆地中午 12:00(04:00UTC)以及晚上 08:00(12:00UTC)氣溫空間分布，結果顯示出都市熱島的熱點地區(或冷島區域)似乎可以更為突出。然而，校園氣象網資料品質需要被加以評估確認，本計畫先透過一套芬蘭 Vaisala WXT520 氣象套件(圖 7)於下列三階段日程，以遊校方式來間接評估校園氣象網種子中心(台北市新生國小)和氣象局自動氣象觀測的差異程度，WXT520 氣象套件移動流程說明如下：

- (1)2016 年 5 月 19 日~7 月 1 日: WXT520 氣象套件置放在大安森林公園機房 1F 屋頂。
- (2)2016 年 7 月 1 日~8 月 26 日: WXT520 氣象套件置放在新生國小屋頂。
- (3)2016 年 8 月 26 日~9 月 2 日: WXT520 氣象套件置放在中央氣象局台北氣象站。

再以第三階段(2016 年 8 月 26 日~9 月 2 日)的比對結果來當作 WXT520 套件氣溫和濕度觀測值之修正參考，然後修正前二階段的 WXT520 氣溫與濕度；最後，比較大安森林公園和中央氣象局台北測站觀測坪(第一階段)、新生國小屋頂和中央氣象局台北測站觀測坪(第二階段)的觀測差異。圖 42 顯示 WXT520 套件的氣溫觀測值(X)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y)兩者十分一致($Y = 0.9964 X + 0.0717, R^2 = 0.9938$)，但是 WXT520 套件的濕度觀測值(X)明顯低於中央氣象局台北氣象站觀測值(Y)，不過仍然有非常高的

線性相關 ($Y = 0.9483 X + 7.7669, R^2 = 0.9714$)。

透過以上的線性相關經驗式調整 WXT520 套件在大安森林公園機房 1F 屋頂以及在新生國小屋頂紀錄，可發現中央氣象局台北氣象站氣溫高於大安森林公園、濕度低於大安森林公園(圖 43)；中央氣象局台北氣象站氣溫略高於新生國小屋頂、濕度低於新生國小屋頂(圖 44)。

四、總結

本計畫目的是針對台北市中心的中央氣象局台北氣象站觀測坪、板橋測站、大安森林公園自動站(預定 2017 年新增)以及大安森林公園西側的台北市新生國小校園氣象站，進行都會氣象觀測環境的影響評估，以協助中央氣象局未來處理氣象站遷移時的評估程序。第一年執行的工作項目包括：

1. 氣象站周遭地景粗糙度(氣象儀器顯露程度)定量估計
2. 氣象風場、太陽輻射觀測受到周遭建物干擾模擬
3. 氣象站周遭顯著人工熱源現況定量資訊
4. 定量評估台北都市熱島與大安森林公園冷島現象
5. 評估其他觀測站網(如校園氣象網)的資料品質與問題

經過上一章節的資料圖表整理說明，本年度計畫執行成果重點如下：

- 氣象站周遭地景粗糙度(視野空曠程度)定量估計方面，透過魚眼數位影像分析得出各測站地面觀測坪和測風塔的環境遮蔽現況(儀器顯露度)。
- 氣象站周遭人工熱源調查方面，透過熱紅外溫度數位相機環場影像得出觀測坪四周顯著熱源和距離的參考。本計畫將測站周遭二維數位地形圖檔，重新建置出三維立體街道與建物圖層，透過日本 Cradle 公司 Stream 工程計算流體力學(CFD)軟體，以及美國 AutoDesk 公司 EcoTect 軟體，分析東風(台北盆地盛行風)情境以及四季節的太陽軌跡下，定量描述各測站風場與日照被人工建物扭曲遮蔽的特徵。
- 2015 年 1 月和 7 月台北市區確有比郊區溫暖 $\sim 1^{\circ}\text{C}$ 現象；當臺北盆地處於微弱東北風晴朗天氣情境下，市區內有北暖南冷的型態差異。2016 年 7 月 27 日台北盆地熱浪個案，檢視了一天中的高溫區位置，並在加入校園氣象網氣溫資訊後，都市熱島區塊有些微移動，增加氣象觀測密度(資料須經過檢核)將能更釐清都會氣象環境和 UHI 特徵。
- 本計畫扮演中央氣象局與其他公部門和民間基金會合作之橋樑，於 10 月會同台北市政府公工務局公園路燈管理處完成大安森林公園氣象站之場地勘查，也於 11 月促成林業試驗所與中央氣象局互訪，下年度雙方在都會生態氣象監測之合作有了初步共識。

第 1~第 3 項工作項目大致完成，下一年度尚須精進的細節包括：

- (1) 確認(台北市)校園氣象網各測站氣象儀器之離地高度，以確認海拔高度的修訂，並再增加都市熱島效應評估個案日期，以釐清第 4 與第 5 項工作項目的細節。
- (2) 持續協助完成大安森林公園自動氣象站之建置，台北市公園路燈管理處以及大安森林公園之友基金會即將於 2017 年 4 月合作，透過 2017 年螢火蟲國際研討會在大安森林公園生態池向市民進行螢火蟲復育展示活動，並介紹公園氣象監測的成果。此

外，林業試驗所擬於台北植物園進行生態(氣象)環境調查研究，讓中央氣象局增加都會氣象監測之人工地景與自然地景的觀測對照群組，也能進一步確認都會環境的公園冷島效應程度。

- (3) 板橋測站未來的替代測站(位於台北捷運浮洲機廠)的地點定量評估，以協助建立中央氣象局氣象站遷站評估流程參考，以及中央氣象局各城鄉氣象測站選址與搬遷需求的作業參考。

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，第28期，第3卷，頁323-341。
- 林博雄，2003: 中央氣象局測站之地表全天空輻射量的校驗與分析。MOTC-CWB-92-2M-05 委託計畫。
- 高長霖，2014: 台北氣象站與淡水站之觀測環境變遷與觀測資料分析。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，台北。
- 賴彥任，林博雄，2005：到達地面太陽輻射量之空間分布推估模擬。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，台北。
- 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。
- 孫振義，2008: 運用遙測技術於都市熱島效應之研究。國立成功大學建築研究所博士論文。
- 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, H., Imura, 2010: Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and Urban Planning*. 96, 224–231.
- Davey, C. A. and R. A. Pielke SR, 2005: Microclimate Exposures of Surface-based Weather stations_Implications For The Assessment of Long-Term Temperature Trends. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 497–504.
- Fabrizi, R., A. D. Santis and A. Gomez, 2011: Satellite and ground-based sensors for the Urban Heat Island analysis in the city of Madrid. JURSE 2011 - Joint Urban Remote Sensing Event, Munich, Germany, April 11-13, 2011.
- Gaffin, S. R., C. Rosenzweig, R. Khanbilvardi, L. Parshall, S. Mahani, H. Glickman, R. Goldberg, R. Blake, R. B. Slosberg and D. Hillel, 2008: Variations in New York city's urban heat island strength over time and space. *Theor. Appl. Climatol.* 94, 1–11.
- Jauregui, E., 1990: Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy Buildings*. 15, 457–463.
- Kusaka, H., Ohba, M., Suzuki, C., Hayashi, Y., Mizutani, C., 2009: Preliminary Analyses of Urban Heat Island Phenomenon on a Typical Winter Day in Tsukuba City. *Journal of Heat Island Institute International*, 4, 10-14.
- Lee, C., C. L. Mulllller, D. T. Young, E. L. Warren, C. S. B. Grimmond, X. M. Cai and E. J. S. Ferranti, 2015: The Birmingham Urban Climate Laboratory_ An Open Meteorological Test Bed and Challenges of the Smart City. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96, 1545–1560.

- Smith, S. and T. R. Oke, 1998: The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *Int. J. Remote Sens.* 19, 2085–2104.
- Stewart, I. D., and T. R. Oke, 2012: Local climate zones for urban temperature studies. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 1879–1900.
- WMO , 2008: *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO -No.8. pp681.

表 1 本年度現地調查之氣象站環境遮蔽度(儀器顯露度)一覽。

地點	環境遮蔽度
台北氣象站_地面觀測坪	19.7
台北氣象站_測風塔樓頂	23.5
板橋探空站_地面觀測坪	20.9
板橋探空站_測風塔樓頂	19.2
竹北氣象站_地面觀測坪	15.8
竹北氣象站_測風塔樓頂	11.5
新竹氣象站(公園)舊址	90.0
大安森林公園機房屋頂	15.4
大安區新生國小屋頂	9.7
大安森林公園灌木草坪區	18.9

表 2 台北測站的全年度各時刻的日照率(EcoTect Model 估算)。

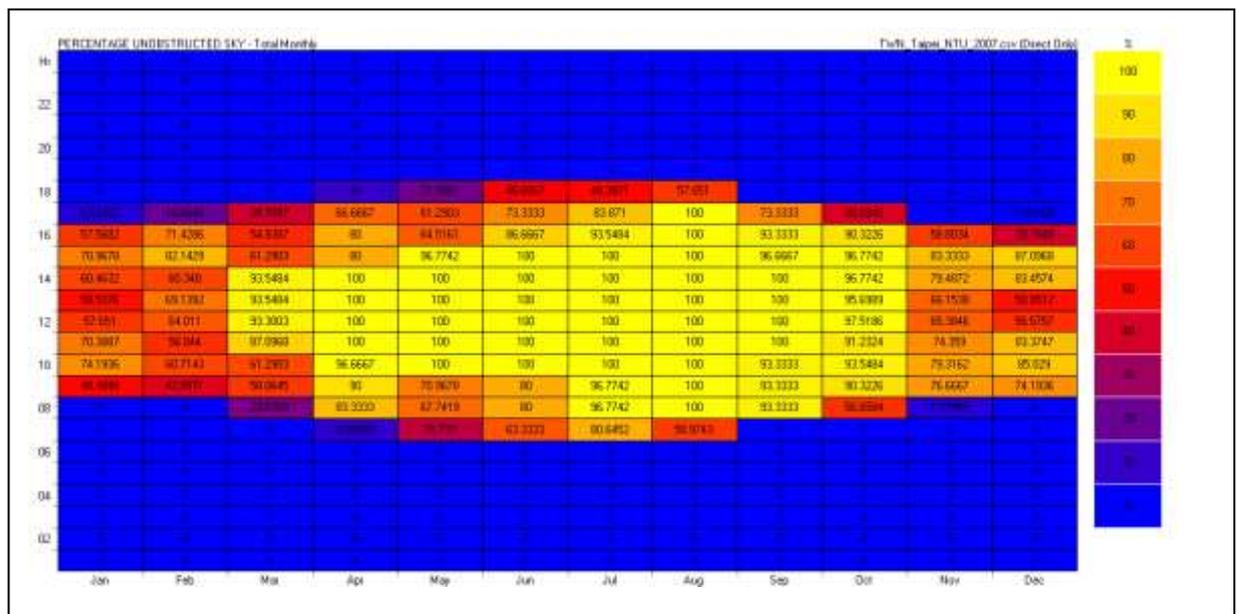


表 3 板橋測站的全年度各時刻的日照率(EcoTect Model 估算)。

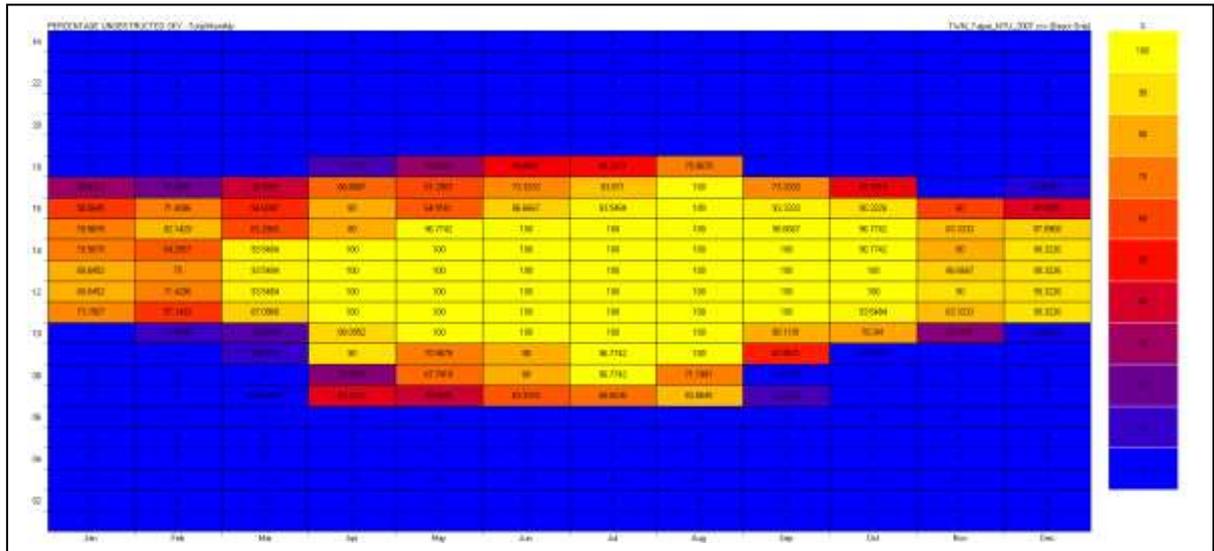


表 4 新生國小氣象站測站的全年度各時刻的日照率(EcoTect Model 估算)。

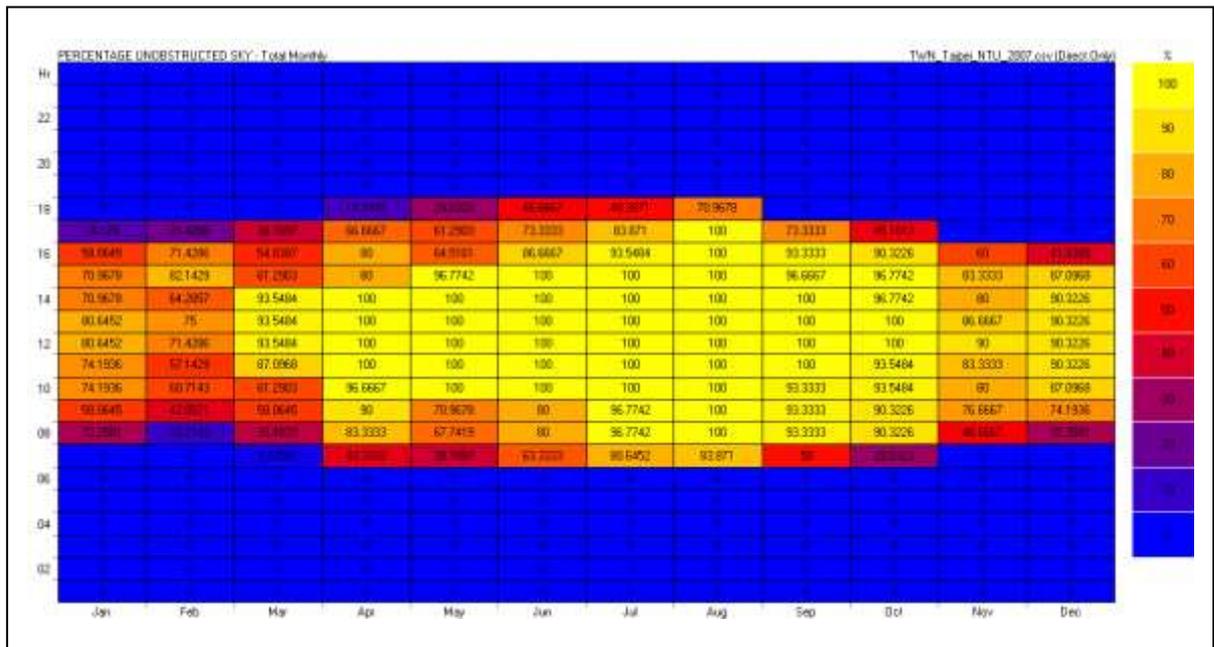




圖 1 台北市大安森林公園(圖片摘自網路)。

TABLE 11.1. Simplified classification of distinct urban forms arranged in approximate decreasing order of their ability to have an impact on local climate (Oke, 2004 unpublished)

Urban climate zone ^a	Image	Roughness class ^b	Aspect ratio ^c	% built (Impermeable) ^d
1. Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers		8	> 2	> 90%
2. Intensely high density urban with 2-5 storey, attached or very-close set buildings often of bricks or stone, e.g. old city core		7	1.0-2.5	> 85
3. Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores and apartments, e.g. urban housing		7	0.5-1.5	70-85
4. Highly developed, low or medium density urban with large low buildings and paved parking, e.g. shopping malls, warehouses		5	0.05-0.2	70-95
5. Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban houses		6	0.2-0.6, p to > 1 with trees	35-65
6. Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospitals, universities, airports		5	0.1-0.5, depends on trees	< 40
7. Semi-rural development, scattered houses in natural or agricultural areas, e.g. farms, estates		4	> 0.05, depends on trees	< 10

圖 2 都會環境 Local Climate Zone 分類表(WMO, 2008)。



圖 3 (左)Nikon Coolpix-800 數位相機、Nikon FC-E8 魚眼鏡頭、相機腳架和水平儀，(中)拍攝觀測地點全天空彩色影像，(右)再經由影像軟體轉換成「天空為白色，遮蔽物為黑色」之黑白圖樣。



圖 4 NEC F30 紅外相機和拍攝現場。



圖 5 英國 LASCAR 公司 EL-USB2 溫度濕度感測器和戶外垂直剖面量測(臺灣大學大氣科學系)。

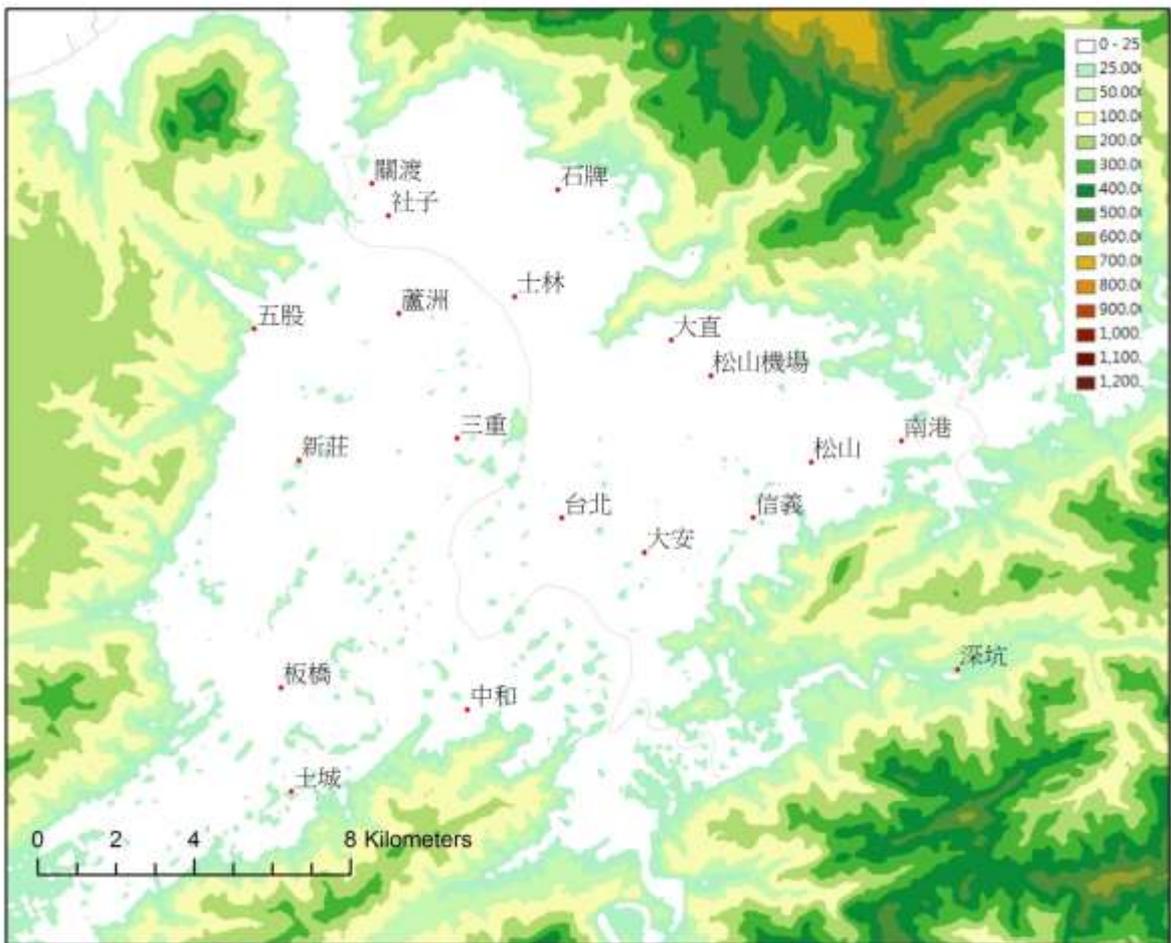


圖 6 台北盆地數位地形與本計畫所引用的各單位氣象站網空間分布。



圖 7 Vaisala WX520 移動式氣象站 (左:大安森林公園機房屋頂, 右上:台北市新生國小屋頂, 右下:中央氣象局台北測站)。

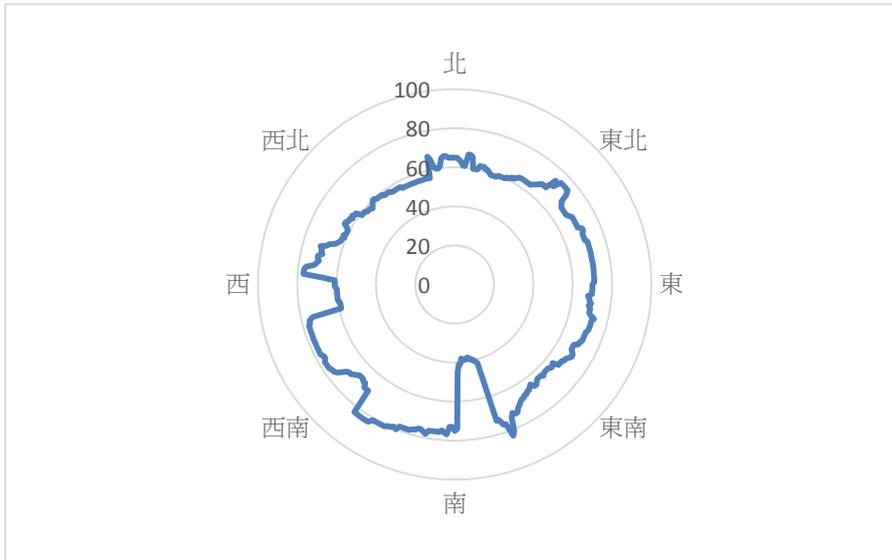


圖 8 中央氣象局台北氣象站觀測坪天空魚眼影像與環境遮蔽換算(環境遮蔽度 23.24° ，儀器顯露度 66.76°) (2016 年 3 月 3 日中午拍攝)。

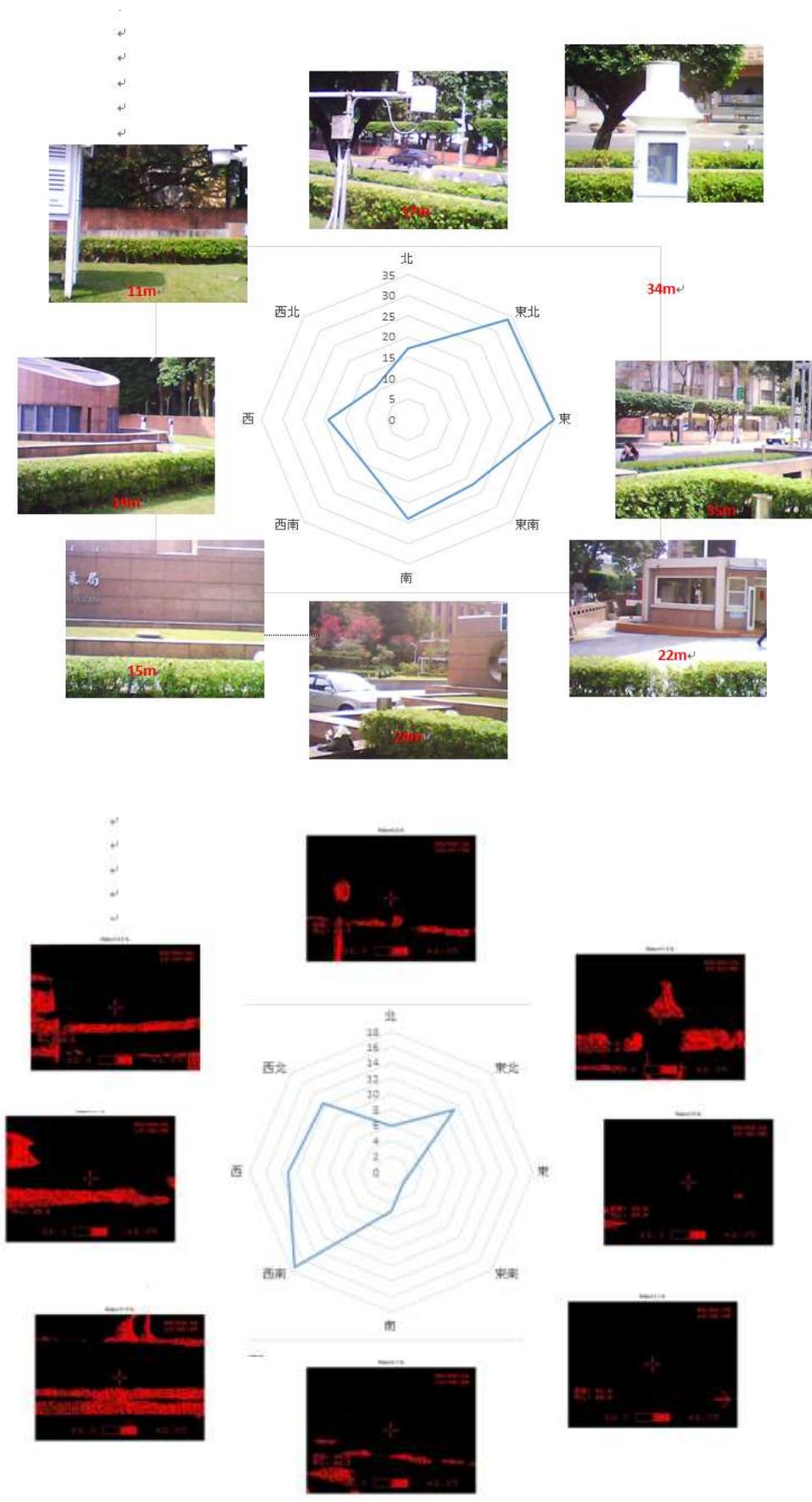


圖 9 中央氣象局台北氣象站觀測坪人工熱源相對距離與紅外影像較顯著($>35^{\circ}\text{C}$)之比例(8.73%) (2016年3月3日中午拍攝)。

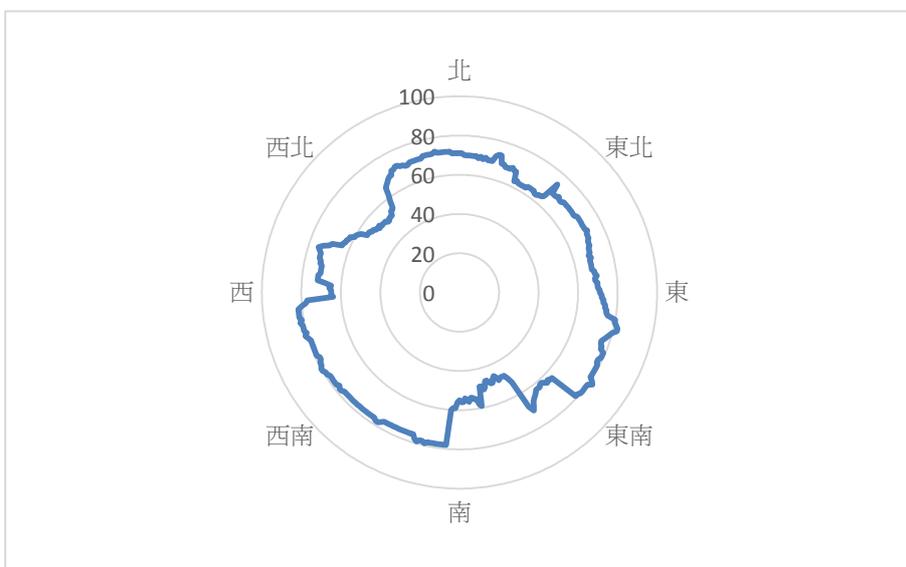


圖 10 中央氣象局板橋探空站觀測坪天空魚眼影像與環境遮蔽換算(環境遮蔽度 20.7° ，儀器顯露度 69.3°) (2016 年 3 月 3 日中午拍攝)。

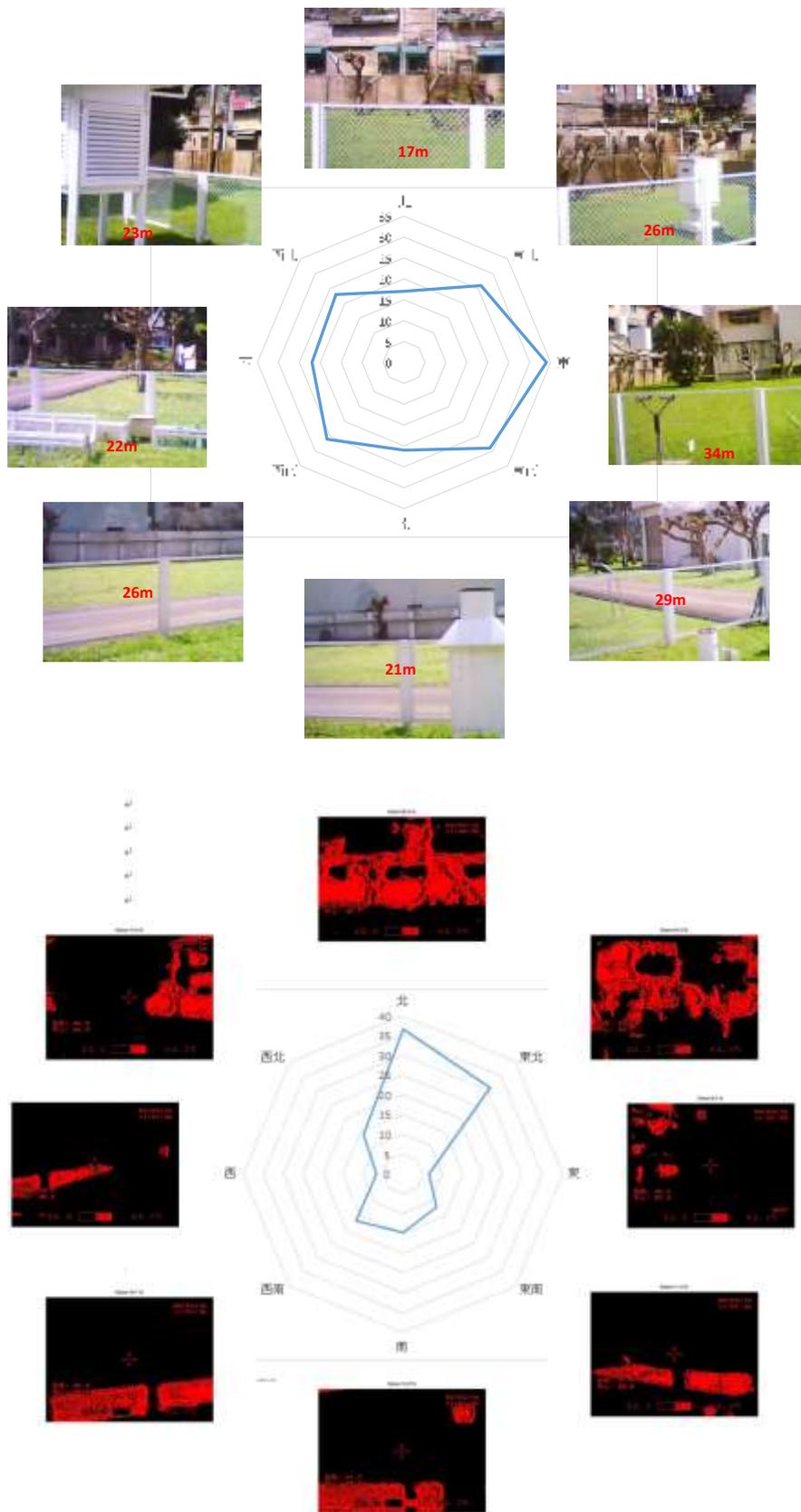


圖 11 中央氣象局板橋探空站觀測坪人工熱源相對距離與紅外影像較顯著($>35^{\circ}\text{C}$)之比例(17.3%) (2016年3月3日中午拍攝)。

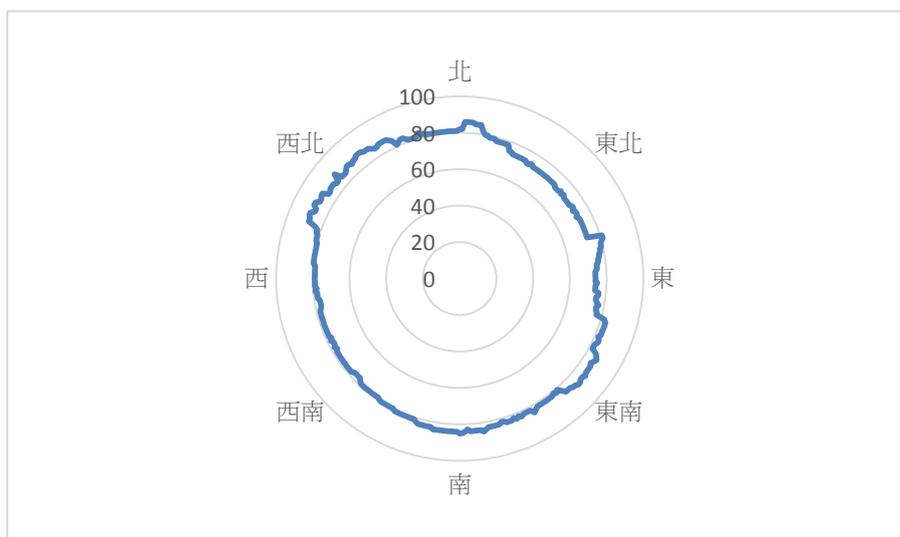
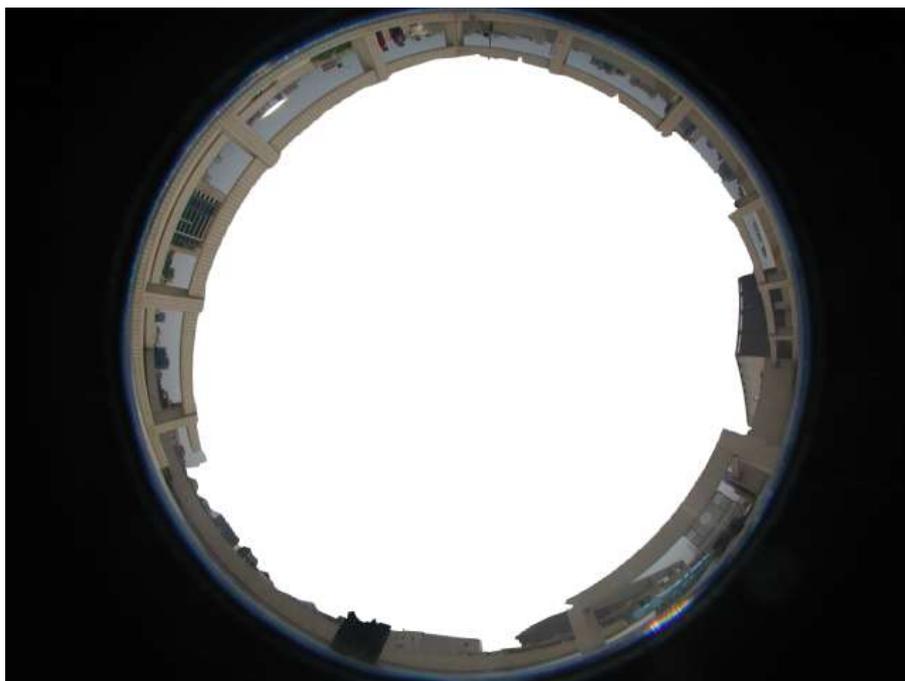


圖 12 校園氣象網新生國小氣象站觀測坪天空魚眼影像與環境遮蔽換算(環境遮蔽度 9.72° ，儀器顯露度 80.28°) (2016 年 5 月 26 日中午拍攝)。

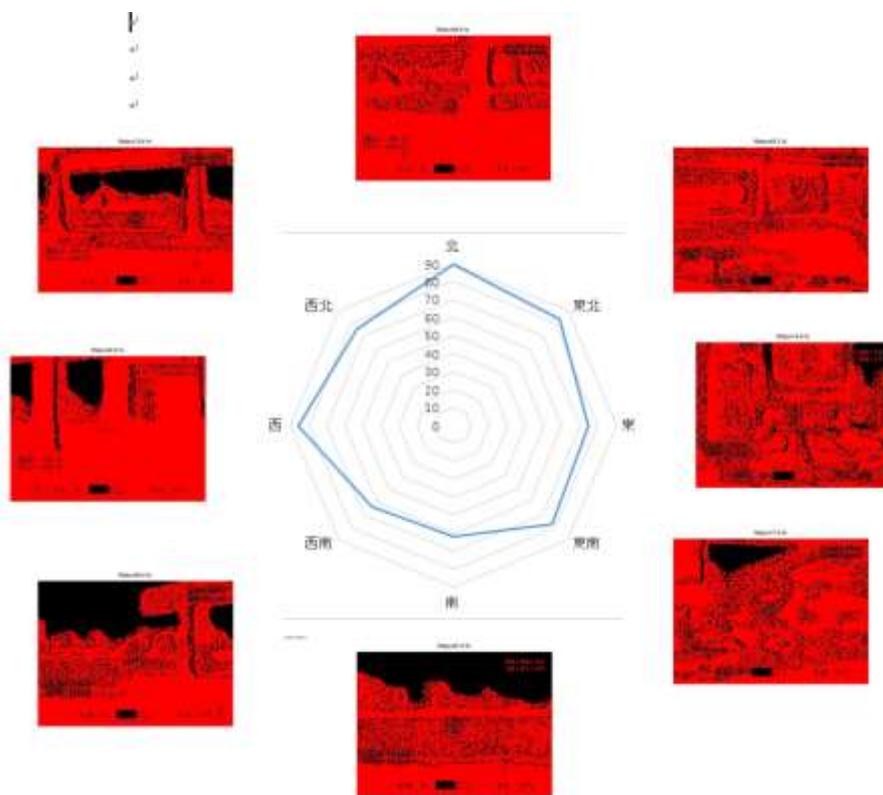
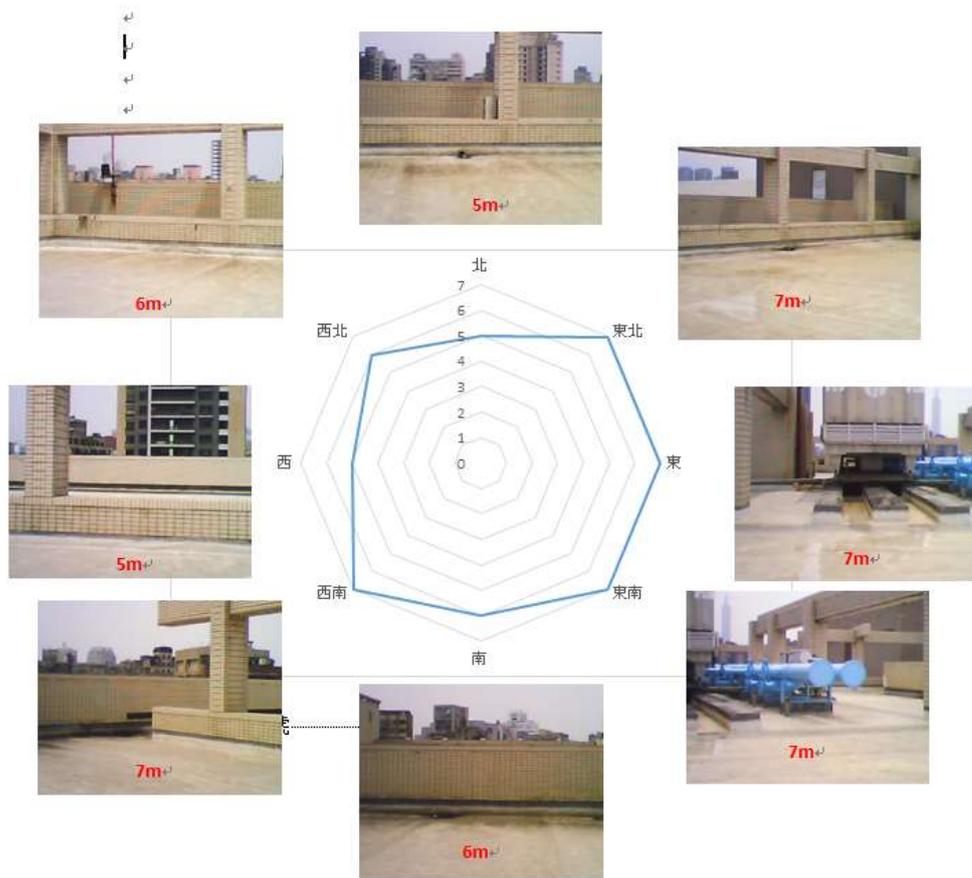


圖 13 校園氣象網新生國小氣象站觀測坪人工熱源相對距離與紅外影像較顯著($>35^{\circ}\text{C}$)之比例(76.7%) (2016年5月26日中午拍攝)。

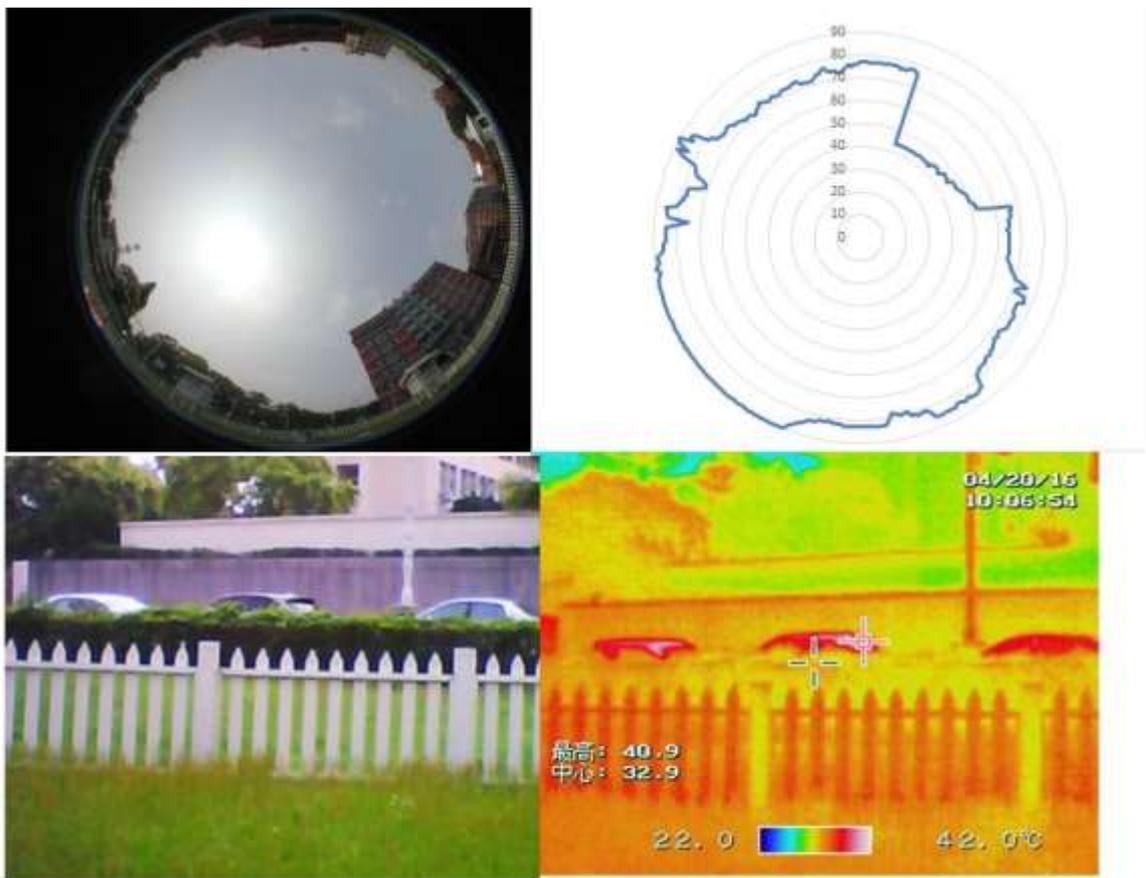


圖 14 中央氣象局竹北氣象站觀測坪(上)天空魚眼影像與環境遮蔽換算(下)人工熱源在紅外影像較顯著之其中之一 (2016 年 4 月 20 日中午拍攝)。

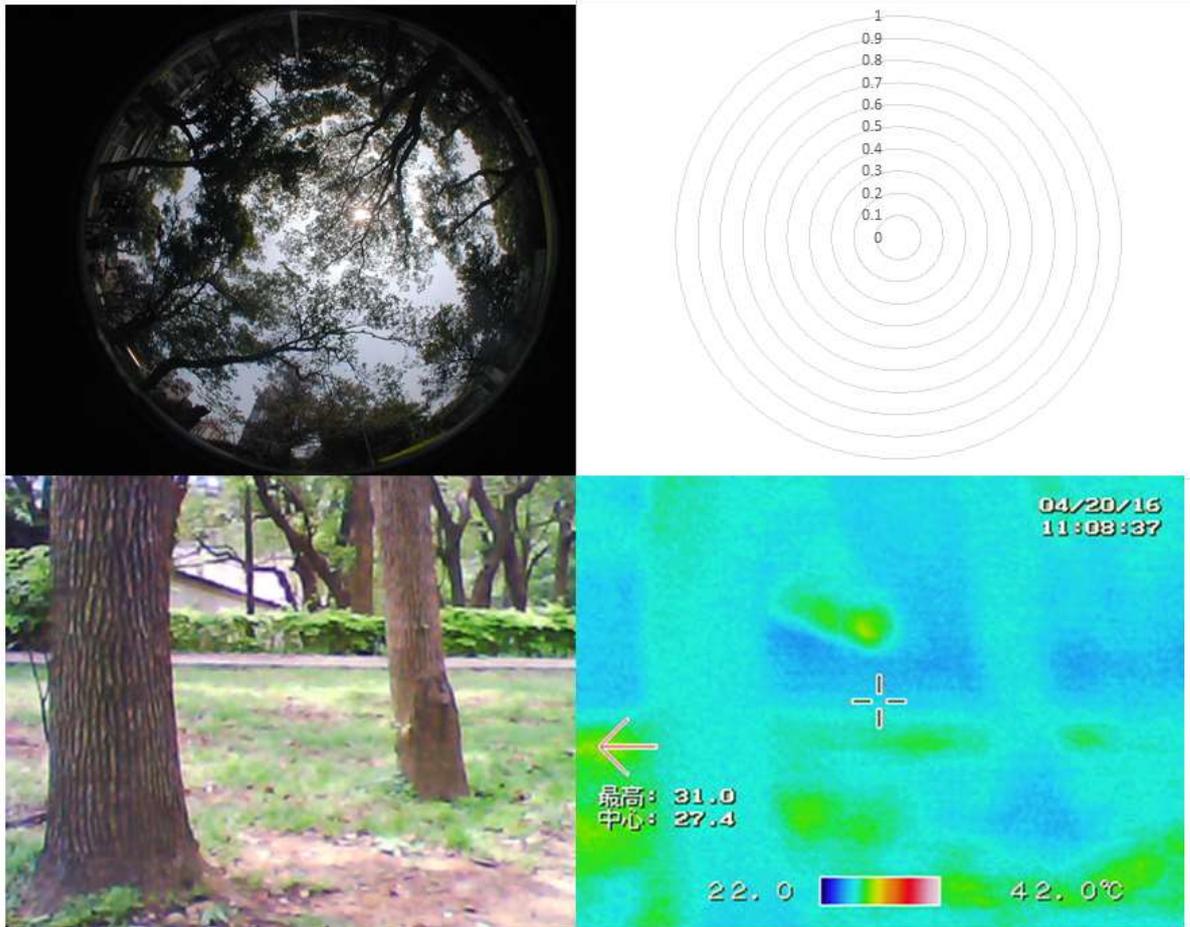


圖 15 中央氣象局新竹氣象站(舊址)觀測坪(上)天空魚眼影像與環境遮蔽換算(下)人工熱源在紅外影像較顯著之其中之一 (2016 年 4 月 20 日中午拍攝)。

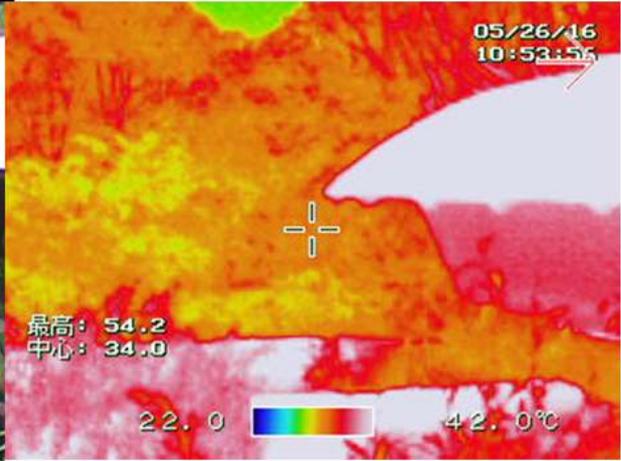
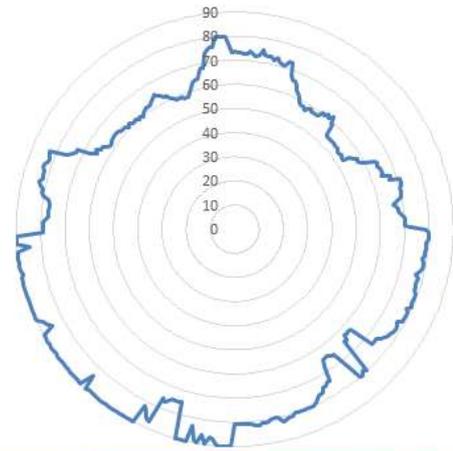


圖 16 台北市大安森林公園機房屋頂臨時氣象站(上)天空魚眼影像與環境遮蔽換算(下)人工熱源在紅外影像較顯著之其中之一 (2016 年 5 月 26 日中午拍攝)。

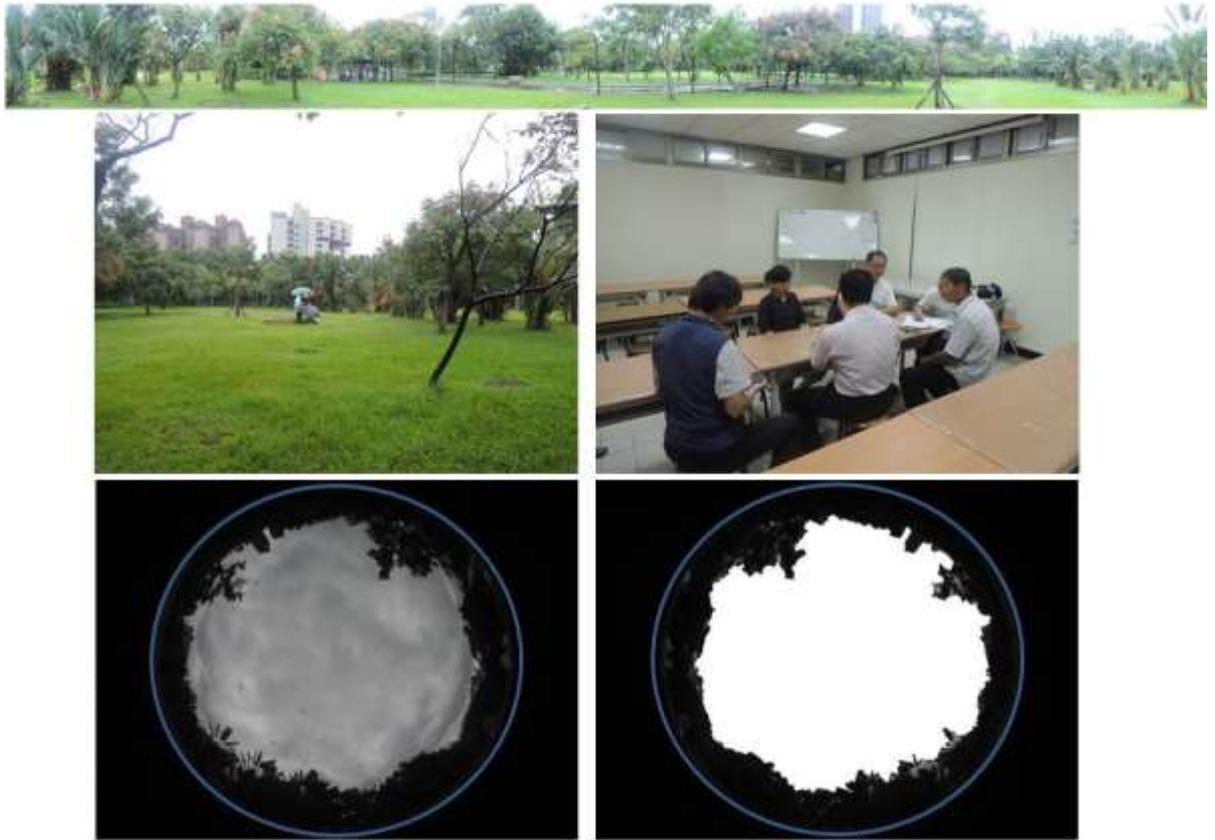


圖 17 台北市大安森林公園自動氣象站站址勘查 (2016 年 10 月 12 日上午拍攝)。



圖 18 5 套 EL-USB2 分別以離地 300cm、200cm、100cm、50cm、貼近地面等五高度懸掛成為垂直剖面量測平台。(上)臺灣大學大氣科學系地面氣象觀測坪 (下)臺灣大學大氣科學系 B 館大樓屋頂。(2016 年 6 月 22 日 3:00pm~6 月 23 日 3:00pm)

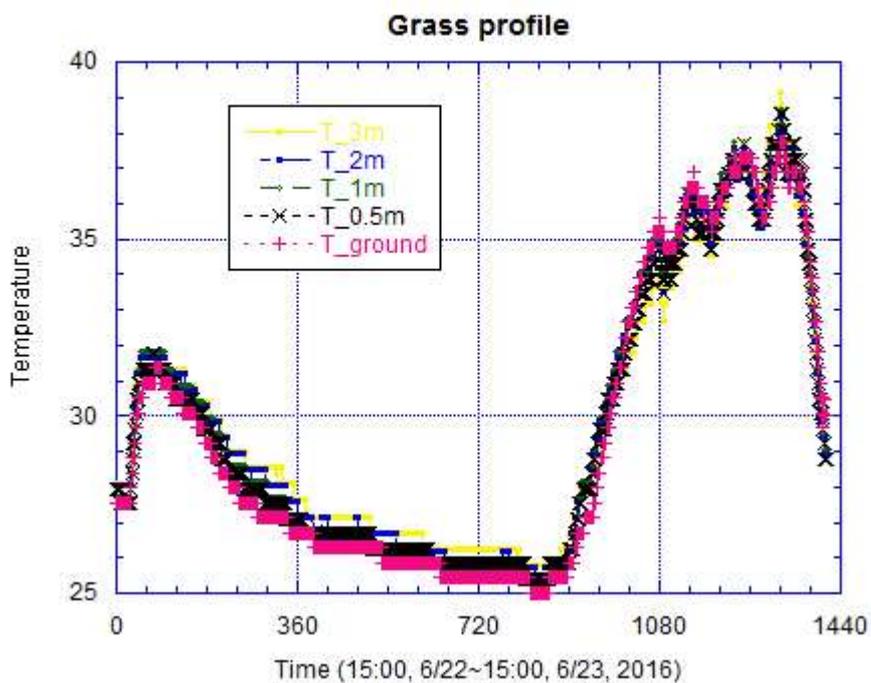
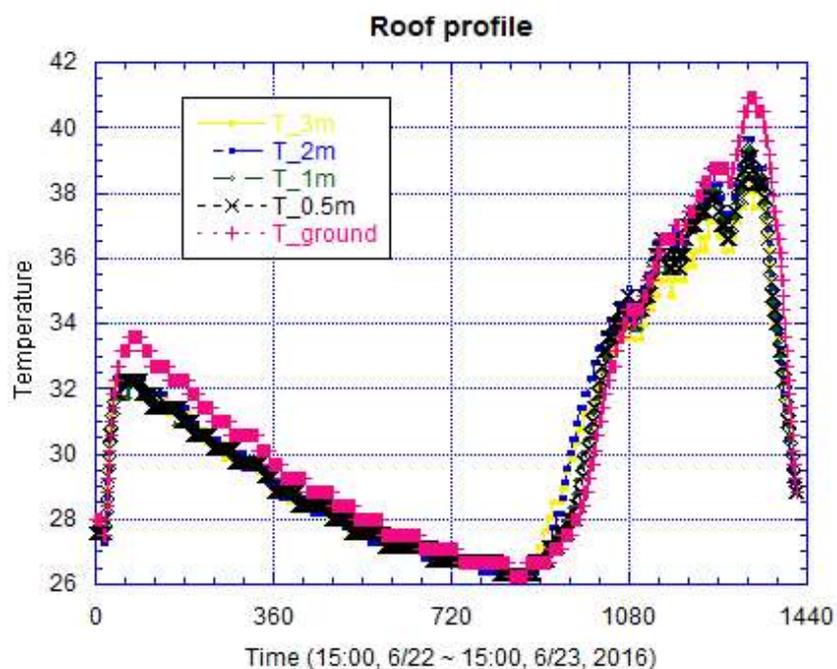


圖 19 圖 15 屋頂(上)和草地(下)兩種植被情境下的 5 套 EL-USB2(離地高度 300cm、200cm、100cm、50cm、貼近地面)的氣溫時間序列。(2016 年 6 月 22 日 3:00pm~6 月 23 日 3:00pm)

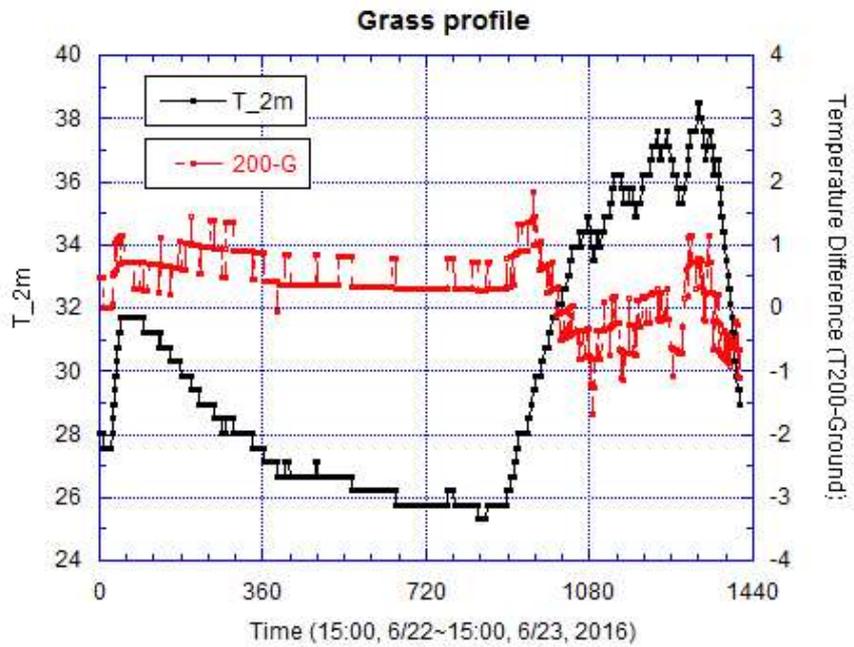
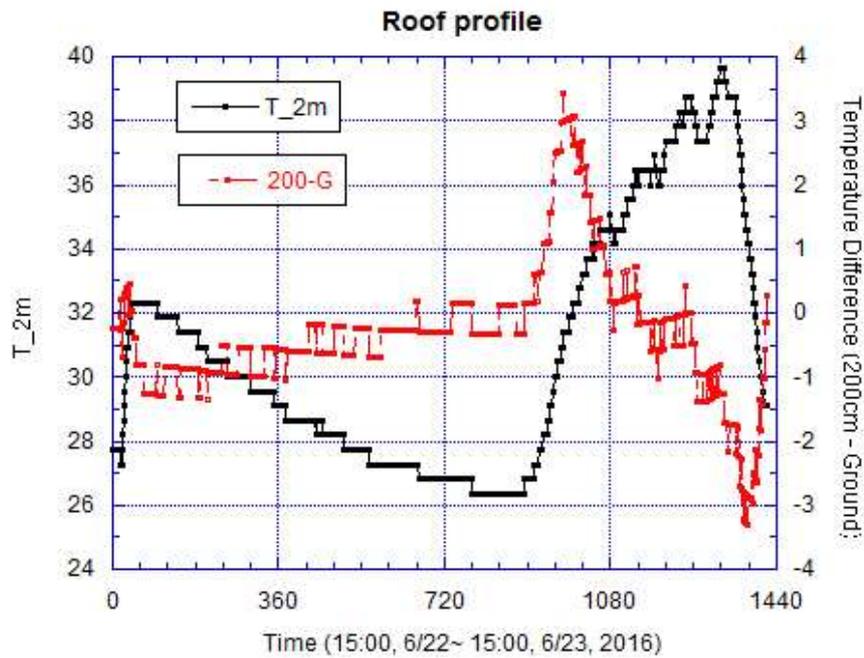


圖 20 圖 15 屋頂(上)和草地(下)兩種植被情境下的離地高度 200cm 氣溫(黑線)以及 200cm 高度氣溫和近地表氣溫差異(紅線)的時間序列。(2016 年 6 月 22 日 3:00pm~6 月 23 日 3:00pm)

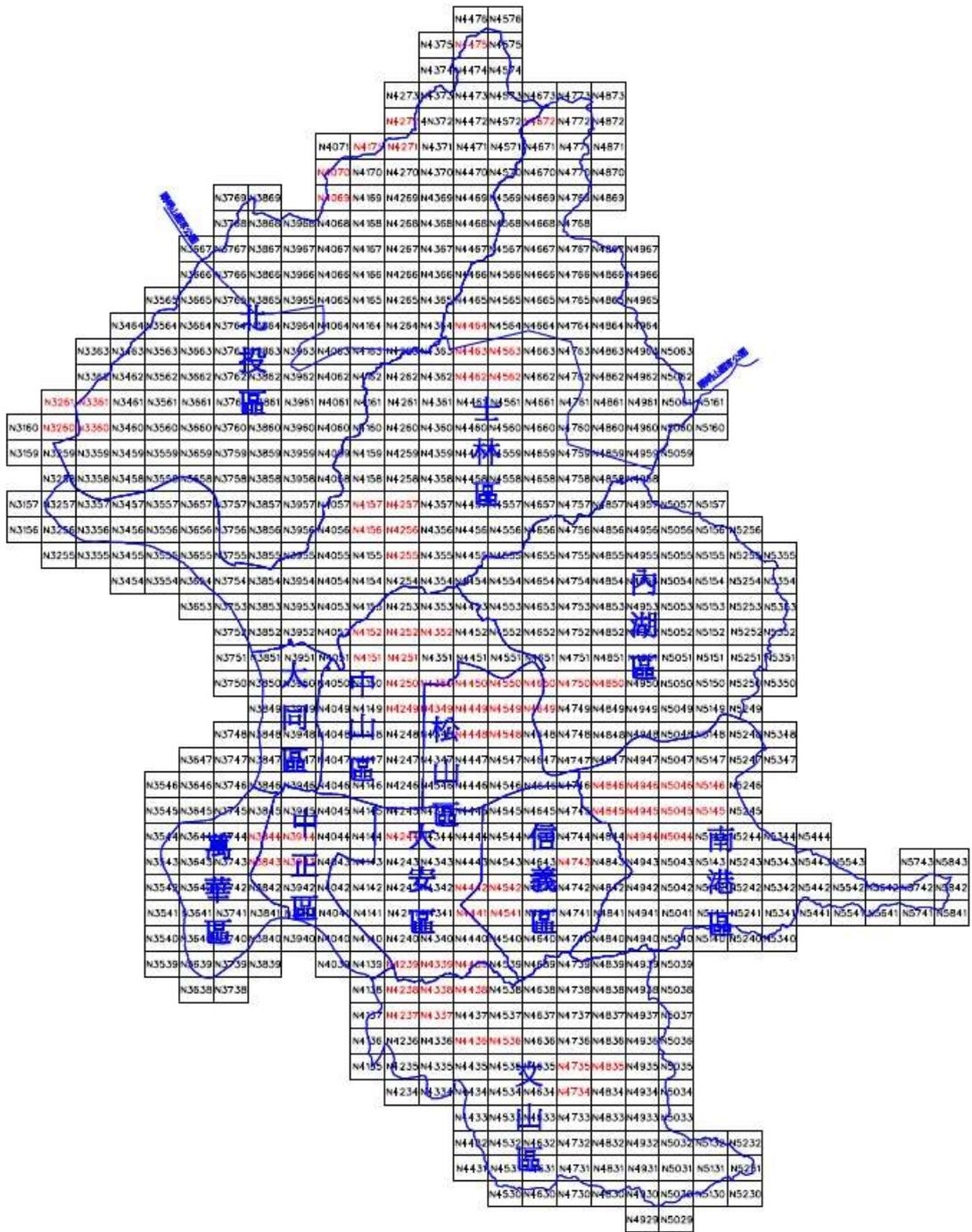


圖 21 台北市政府工務局發售的台北市數位地圖編號。

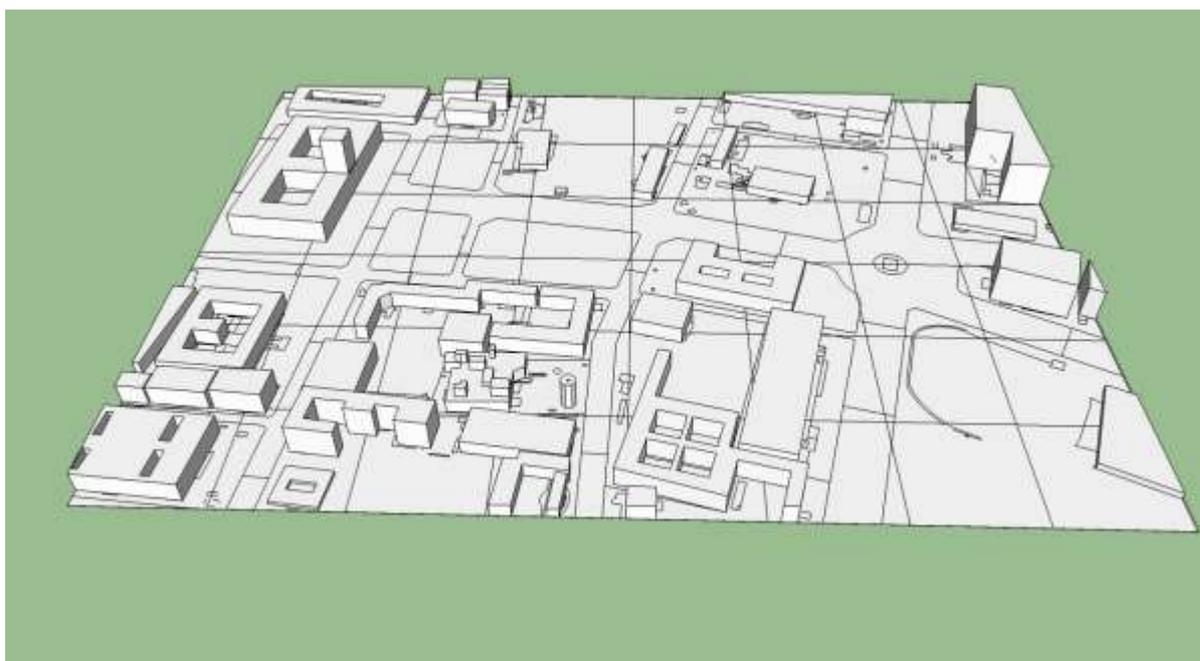


圖 22 台北市政府工務局發售的台北市數位地圖#3944(公園路中央氣象局附近)經過高度拉撐後的 3D 地圖(不同俯視角度)。

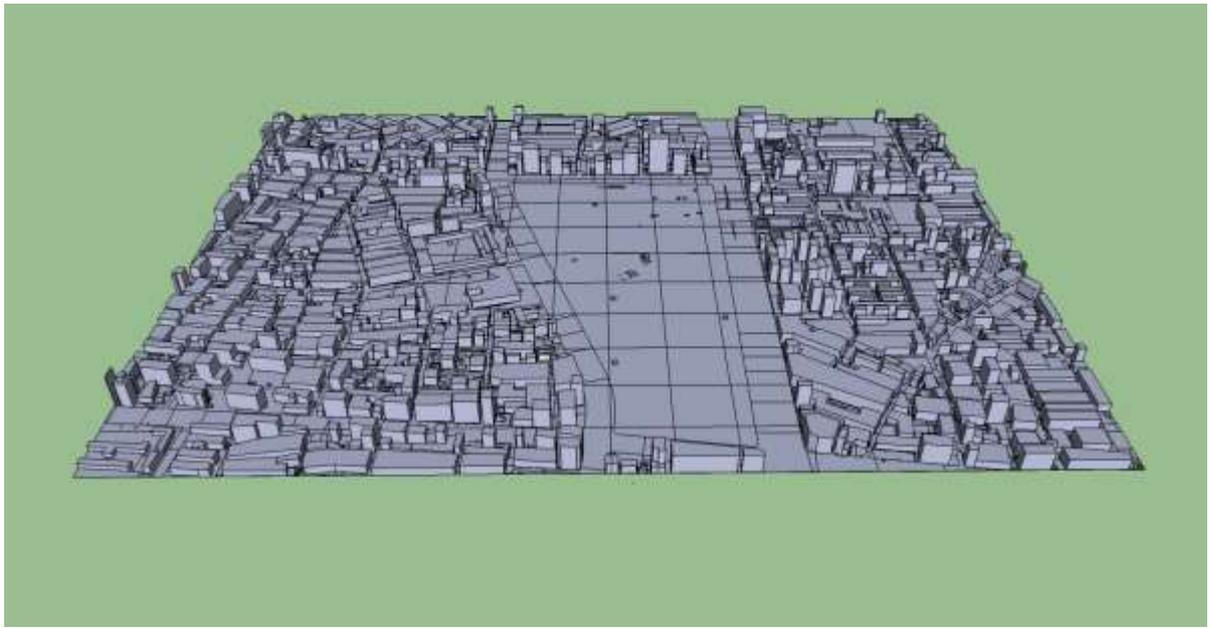


圖 23 台北市政府工務局發售的台北市數位地圖#4142(大安森林公園附近)經過高度拉撐後的 3D 地圖(不同俯視角度)。



圖 24 新北市政府工務局發售的數位地圖#30360 和 46680(板橋浮洲樹林交界一帶)經過高度拉撐後的 3D 地圖(不同俯視角度)。

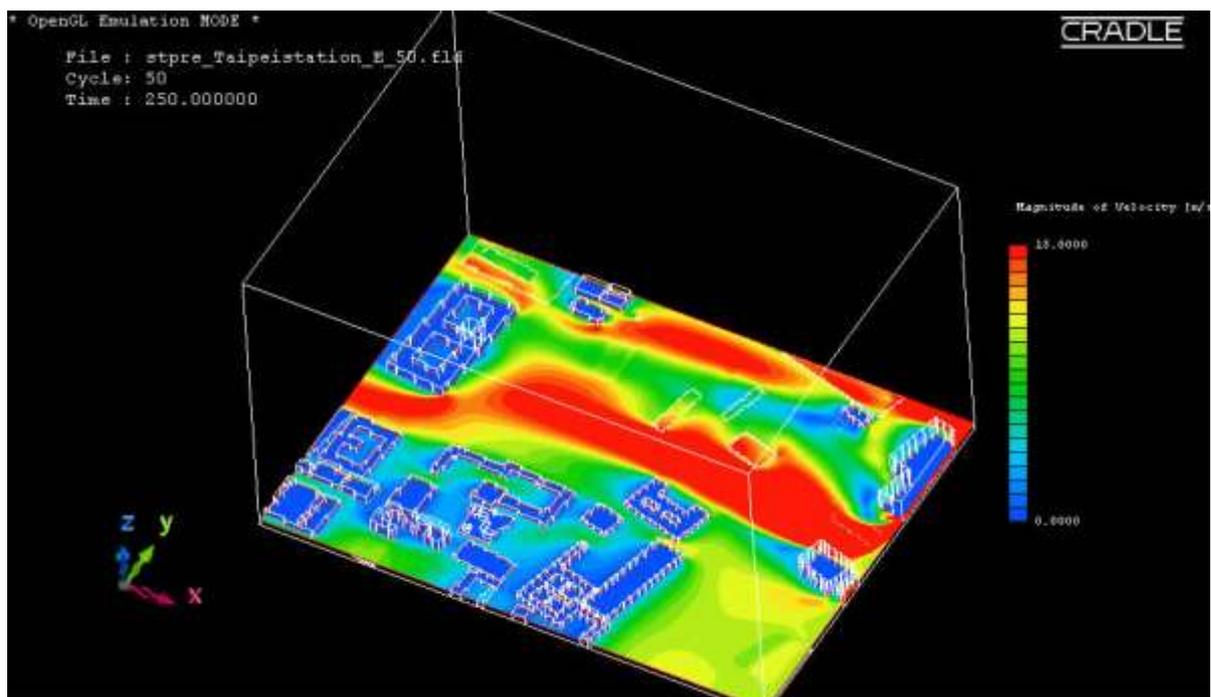
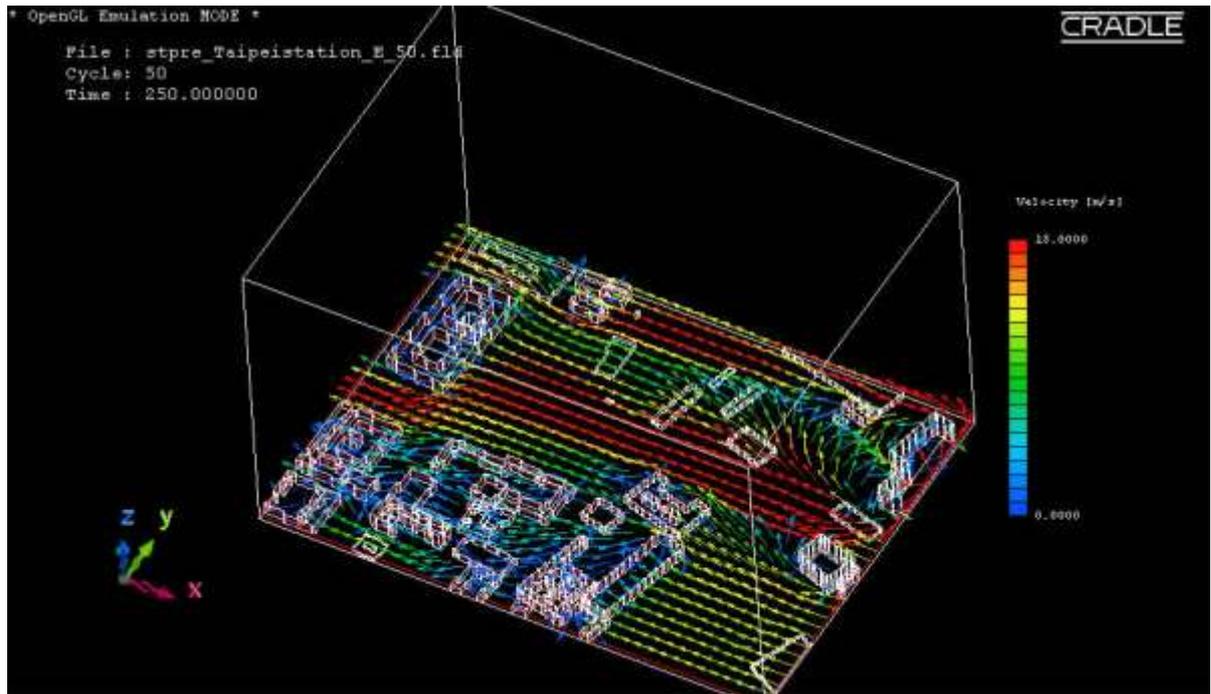


圖 25 日本 CRADLE 公司 Stream (CFD) Model 東風情境下(地面無風速、10m 高度風速 10 m/s 的 log 剖面風場)通過圖 19(中央氣象局附近)3D 地景的離地 10m 的流場與風速分布。

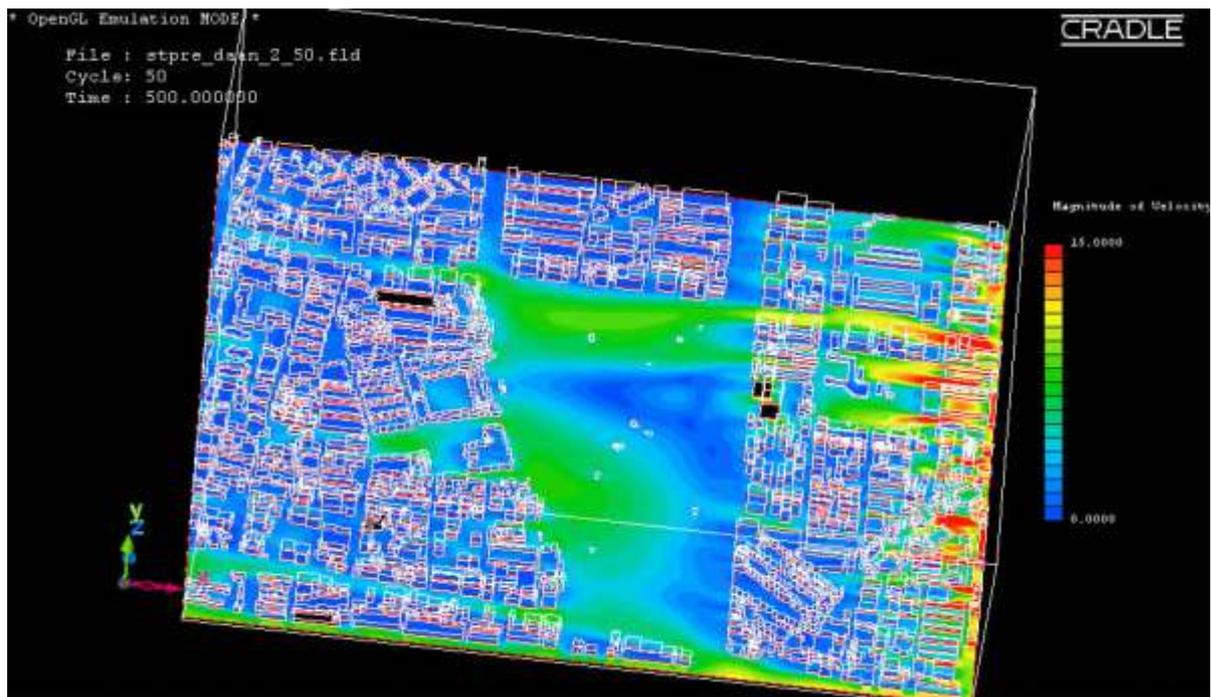
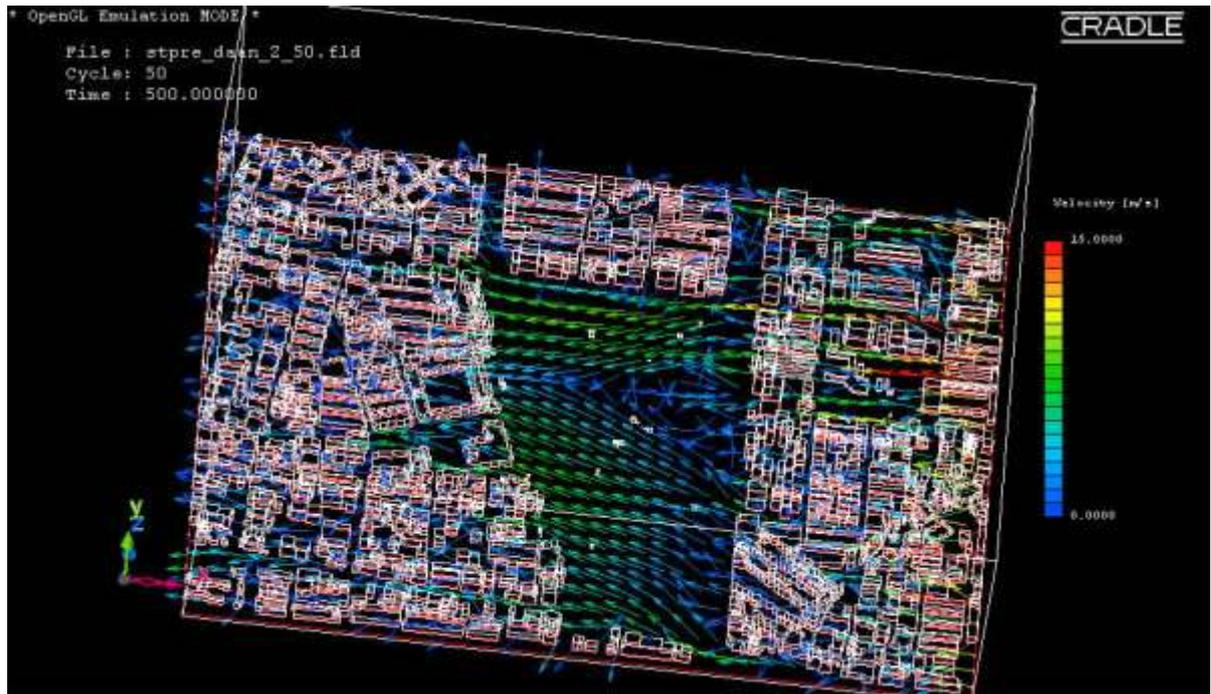


圖 26 日本 CRADLE 公司 Stream (CFD) Model 東風情境下(地面無風速、10m 高度風速 10 m/s 的 log 剖面風場)通過圖 20(大安森林公園附近)3D 地景的離地 10m 的流場與風速分布。

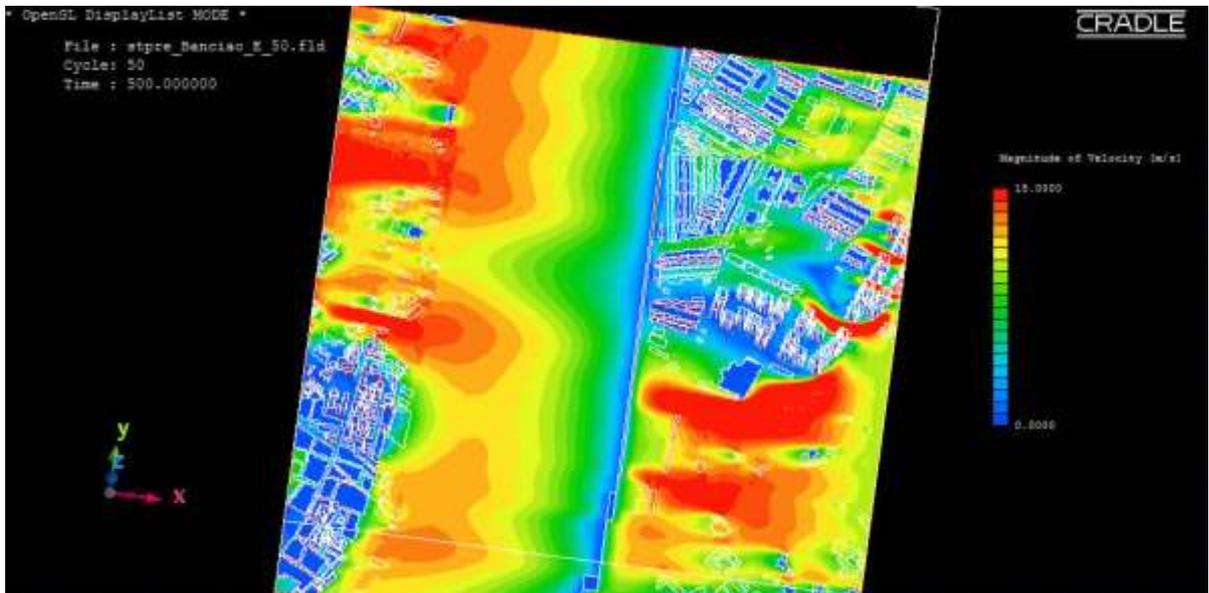
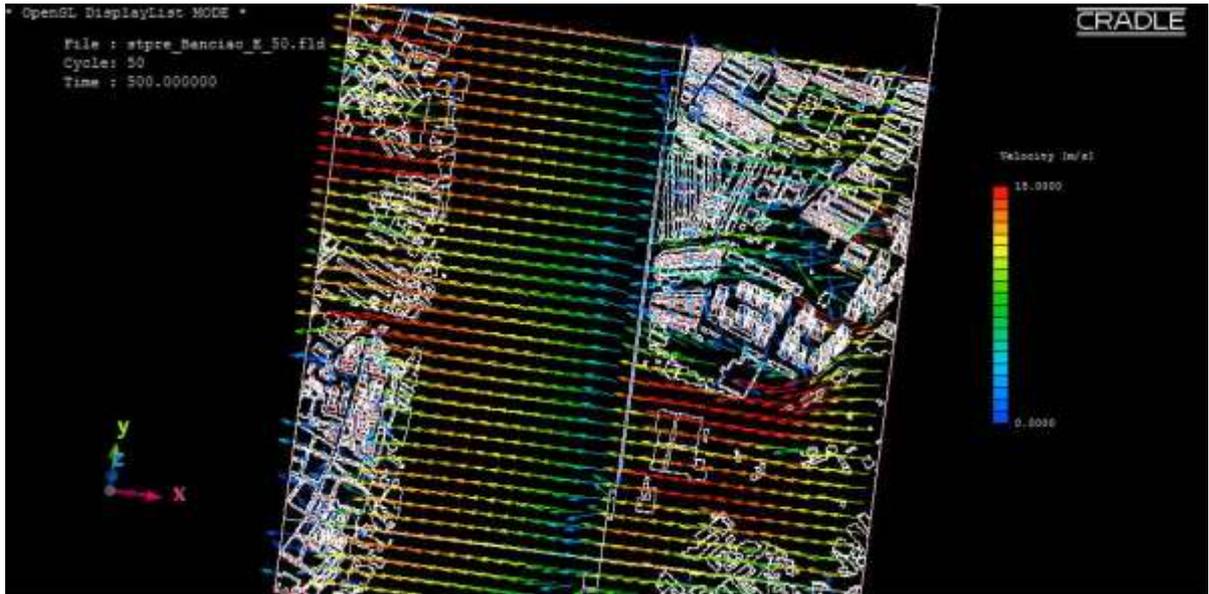


圖 27 日本 CRADLE 公司 Stream (CFD) Model 東風情境下(地面無風速、10m 高度風速 10 m/s 的 log 剖面風場)通過圖 21(板橋測站附近)3D 地景的離地 10m 的流場與風速分布。

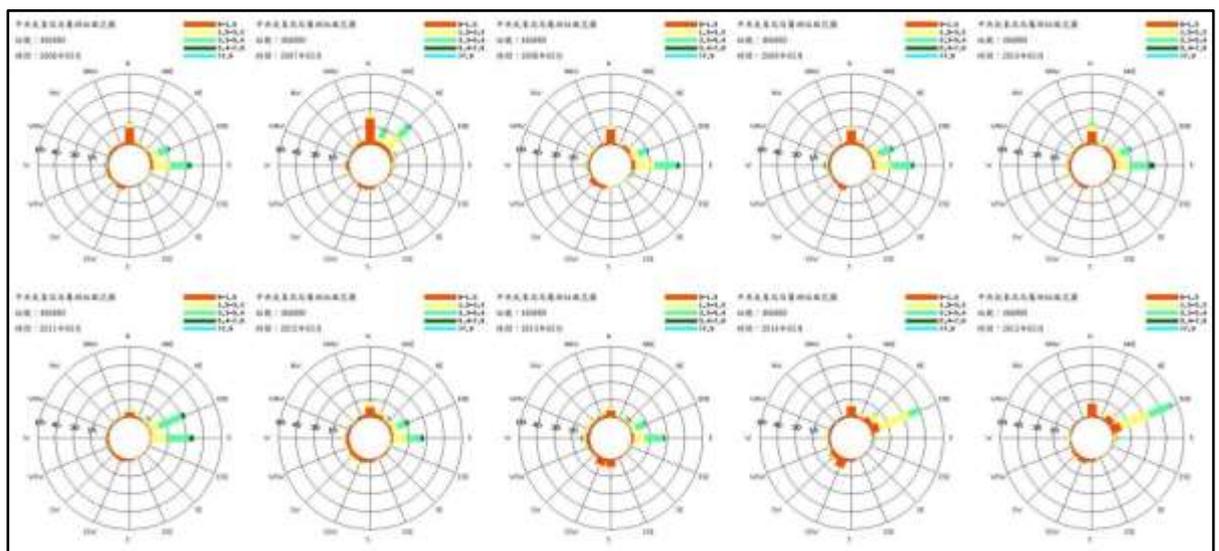
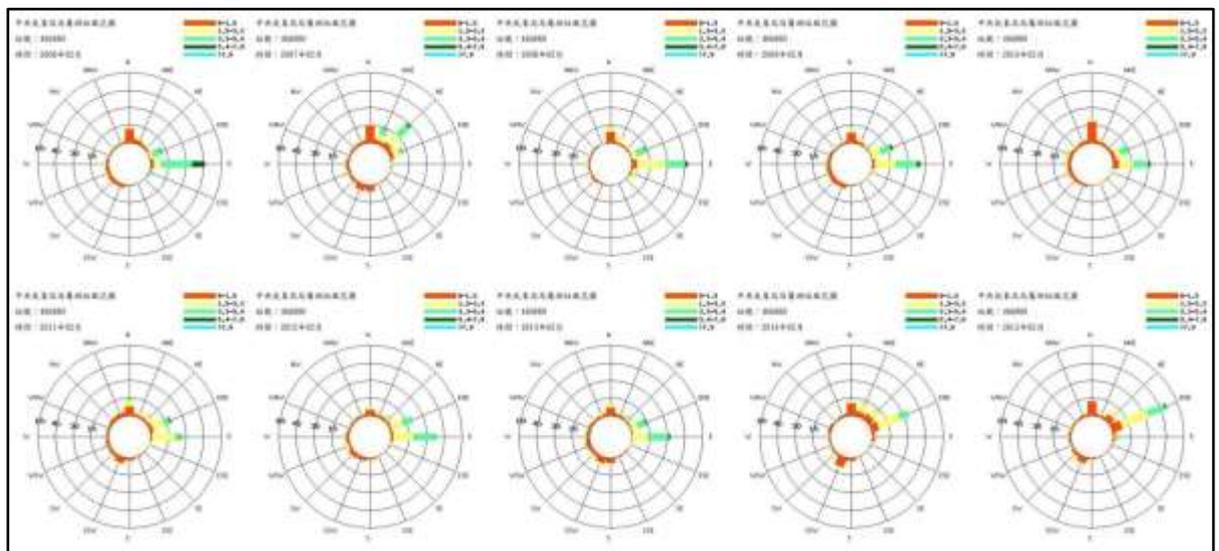
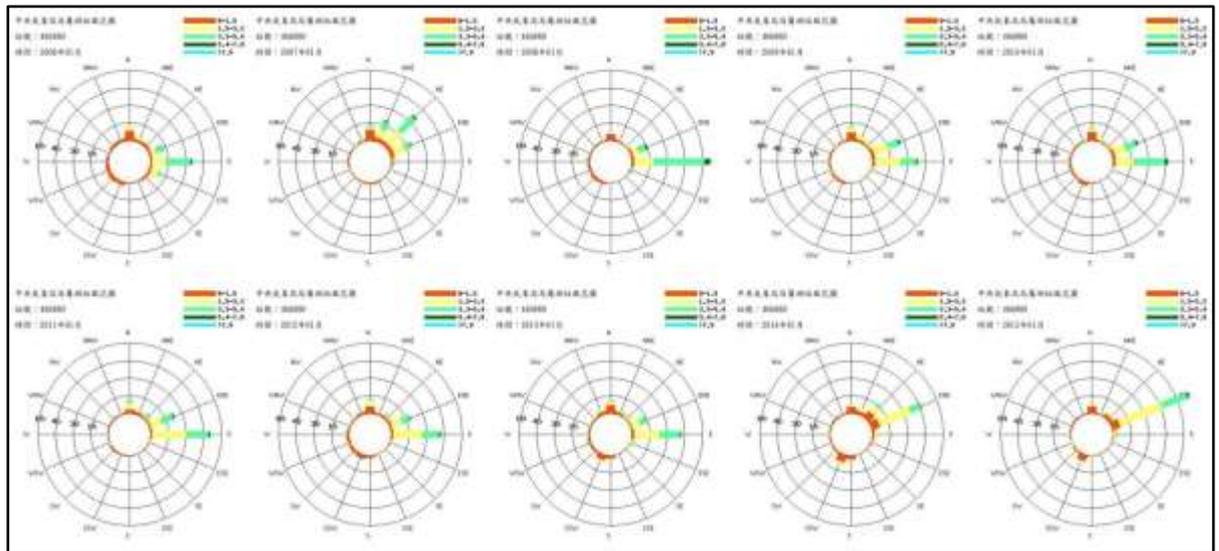


圖 28 2006 年到 2015 年 10 年期間 1~3 月板橋氣象站風花圖一覽。

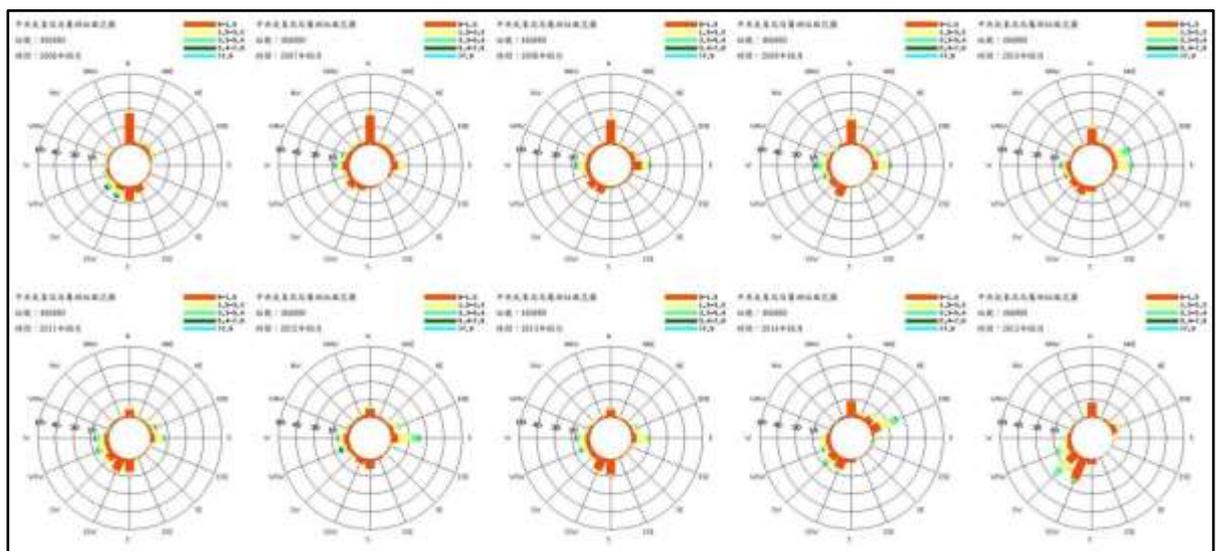
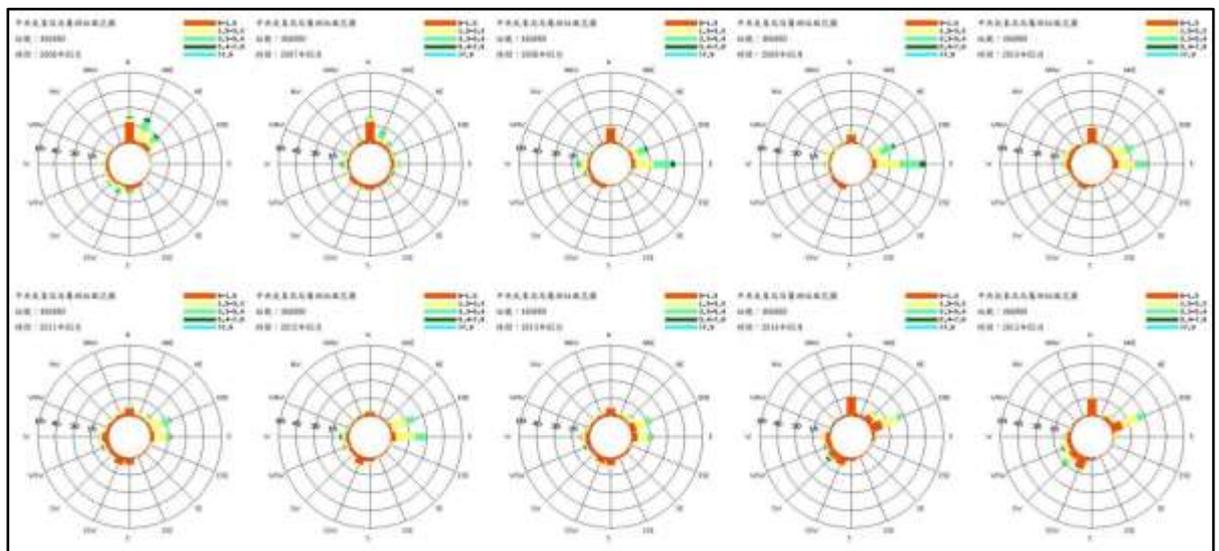
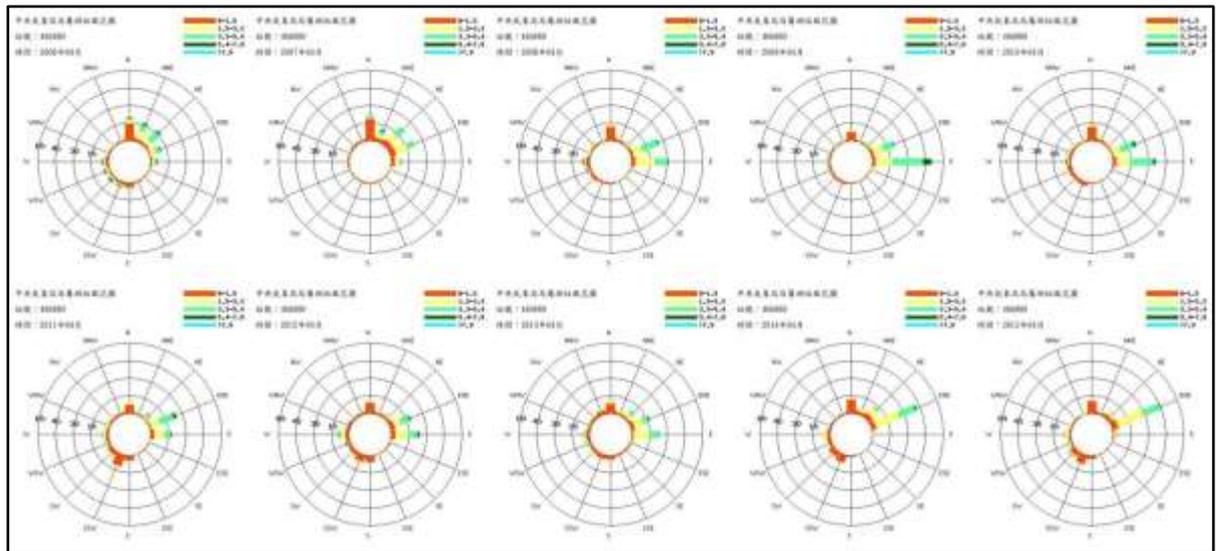


圖 29 2006 年到 2015 年 10 年期間 4~6 月板橋氣象站風花圖一覽。

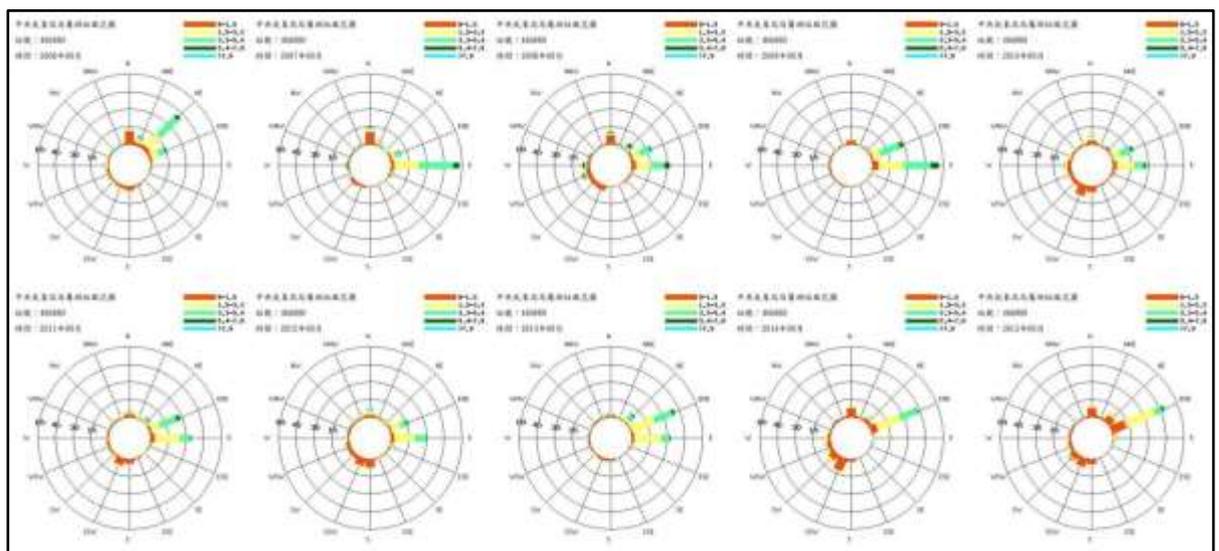
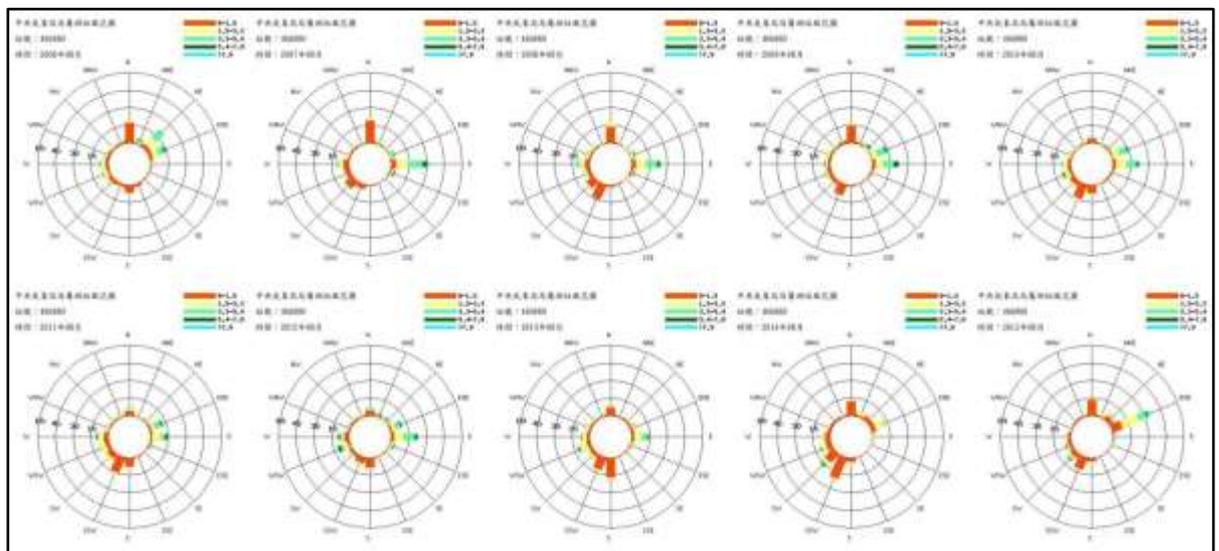
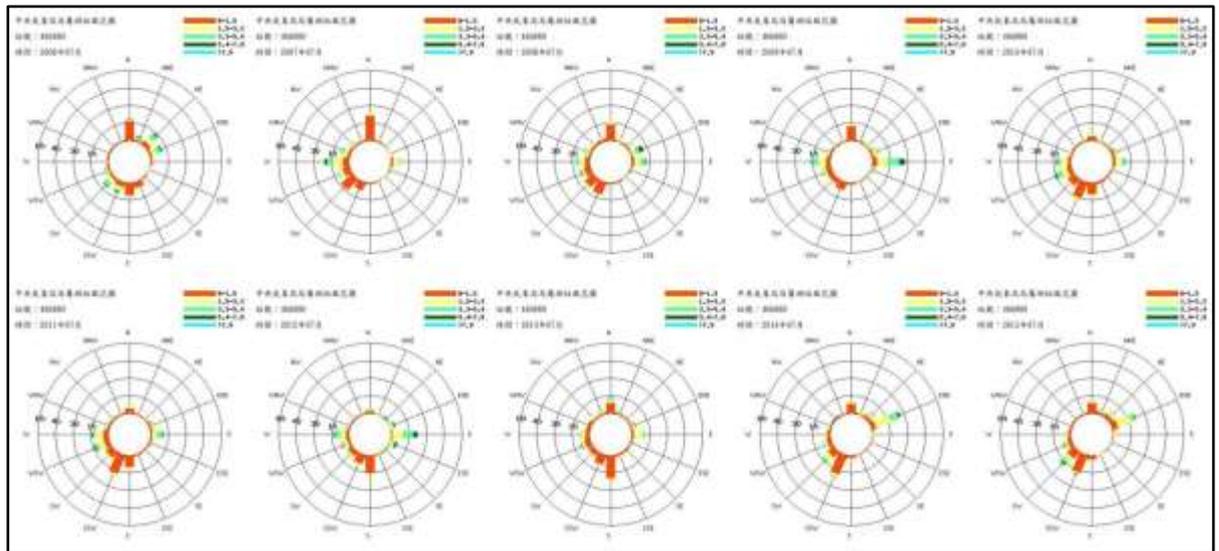


圖 30 2006 年到 2015 年 10 年期間 7~9 月板橋氣象站風花圖一覽。

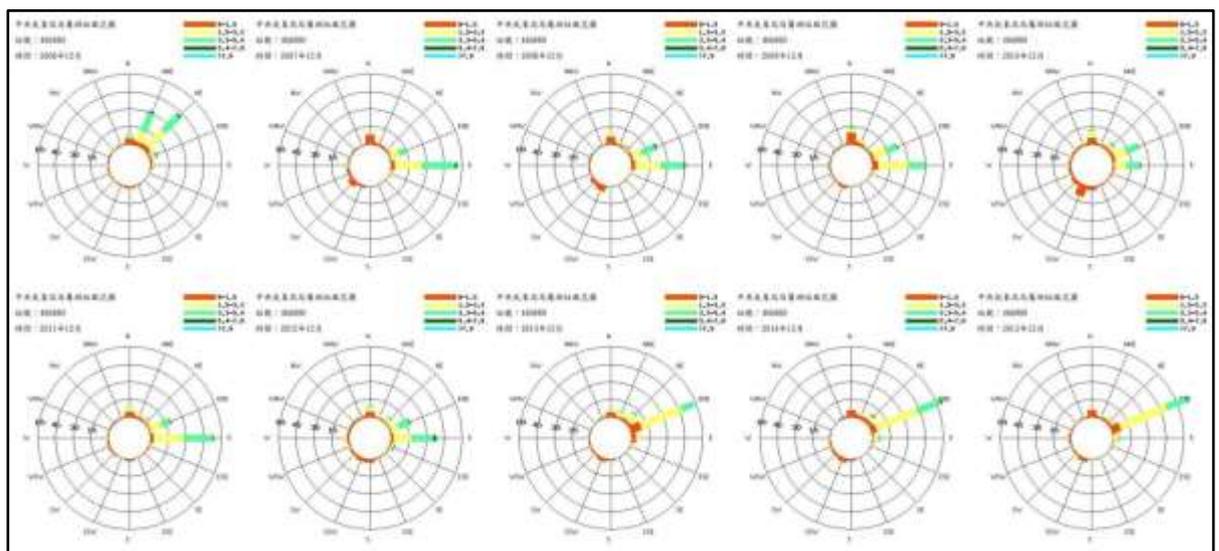
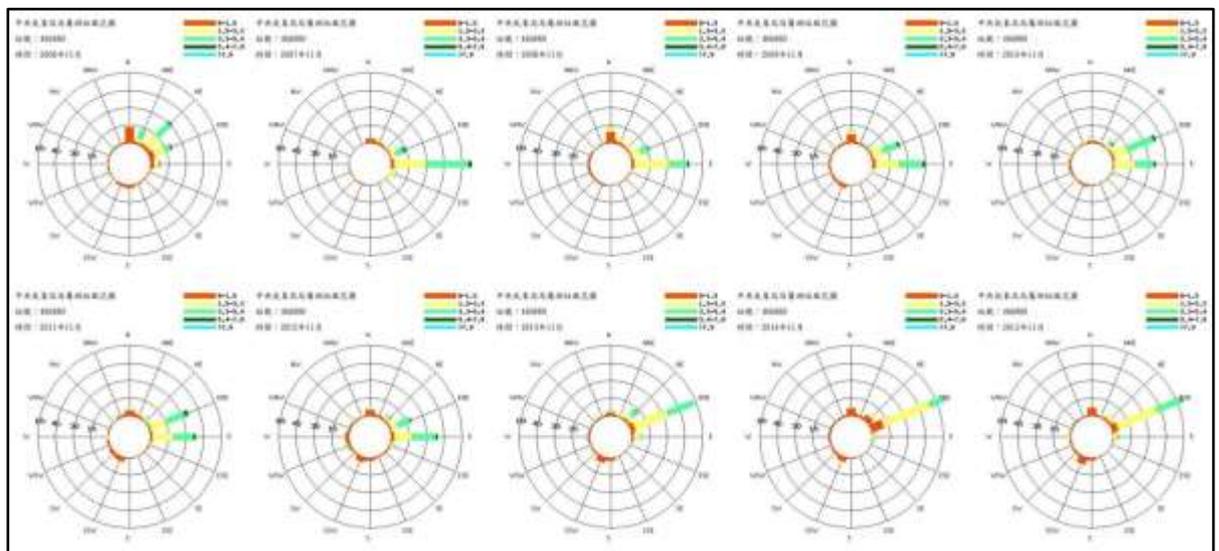
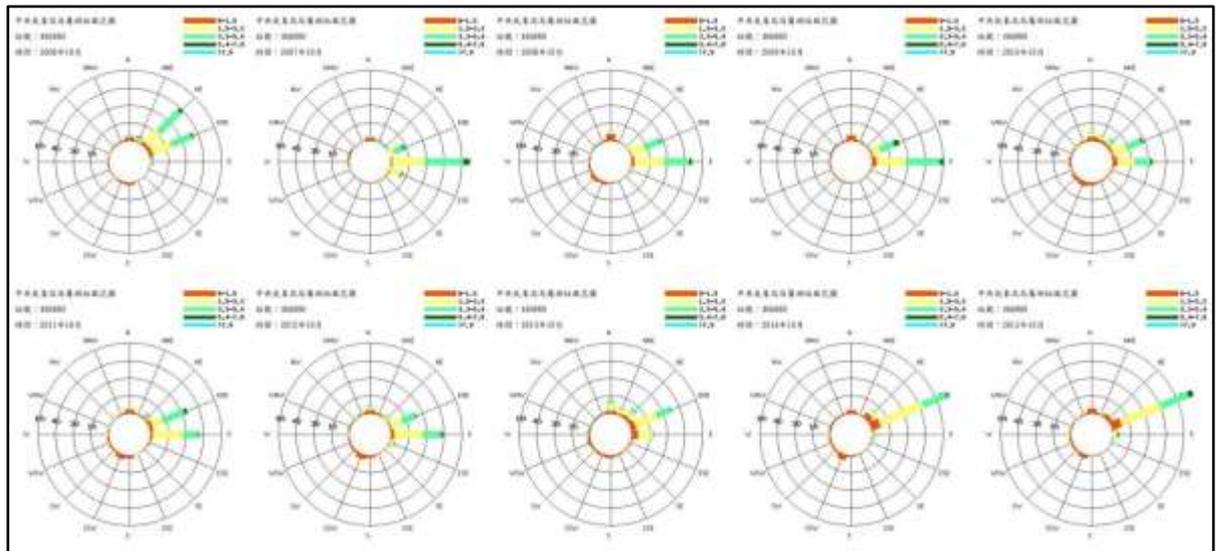


圖 31 2006 年到 2015 年 10 年期間 10~12 月板橋氣象站風花圖一覽。

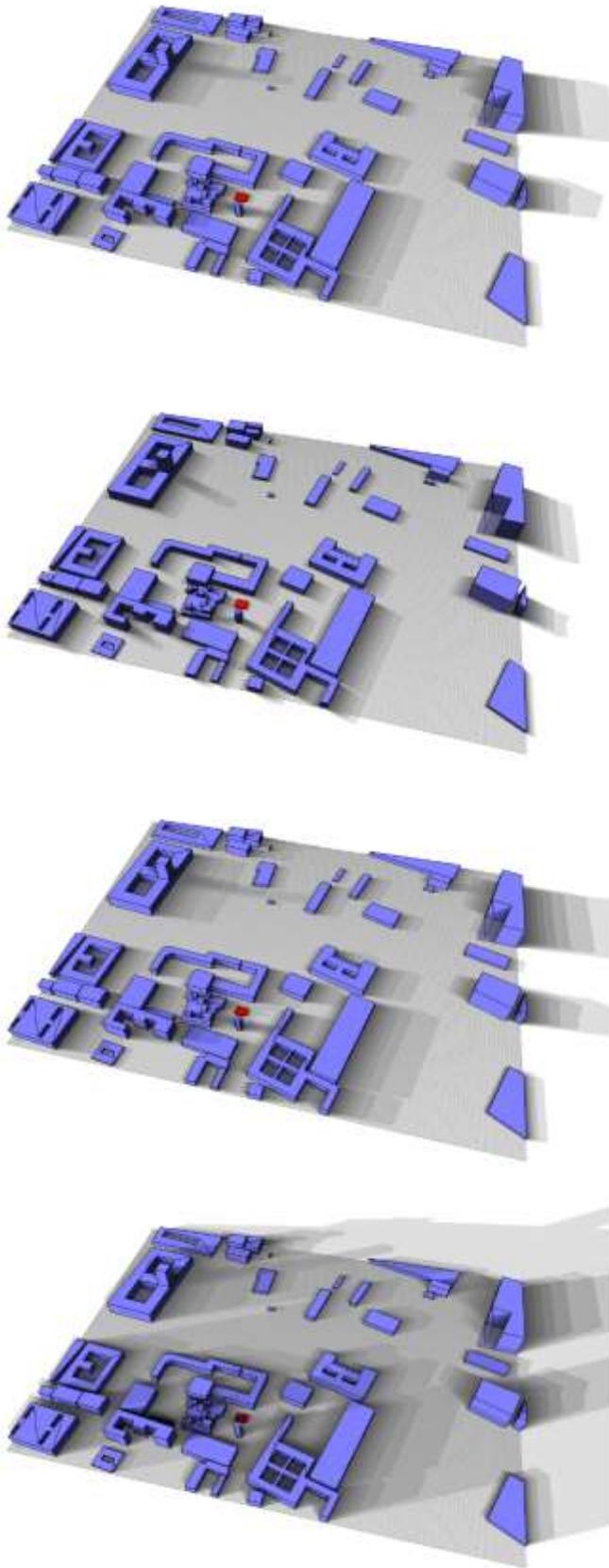


圖 32 EcoTect Model 估算中央氣象局台北氣象站(紅色)在春分、夏至、秋分、冬至(由上而下)四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的建物日光陰影之疊加圖。

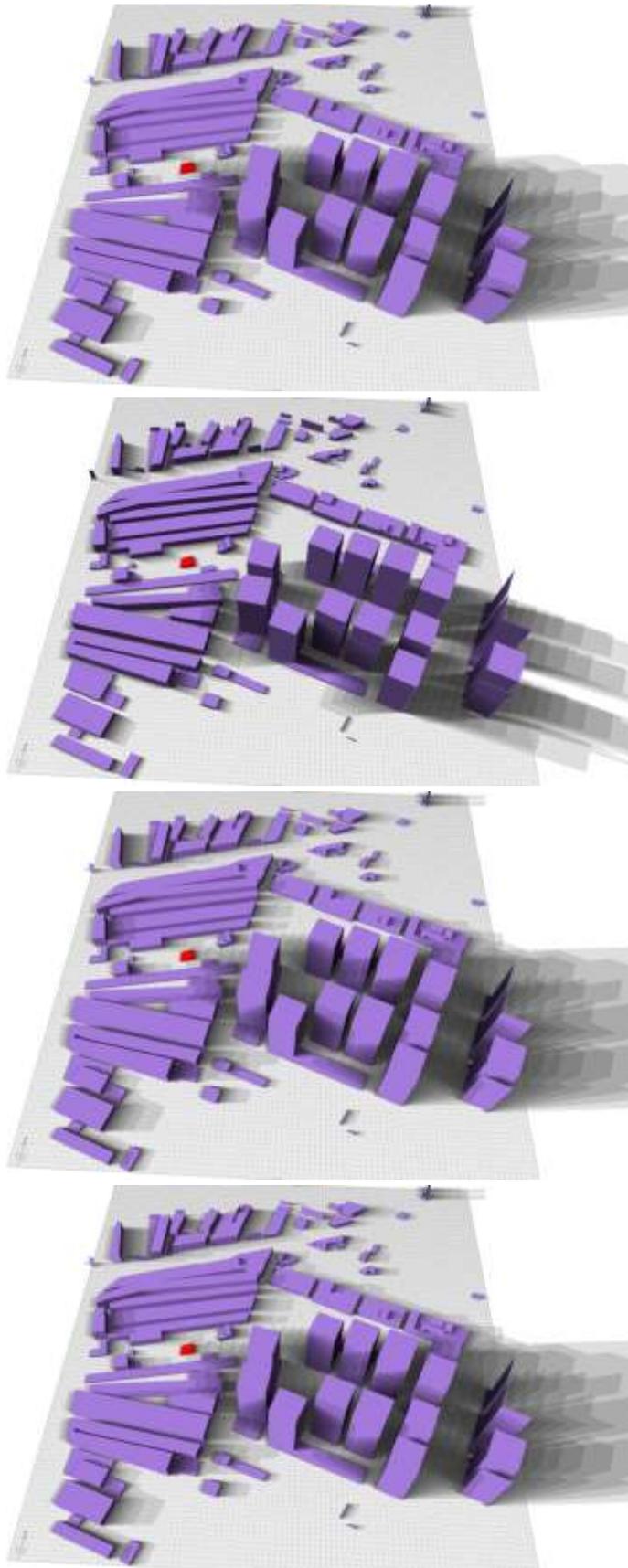


圖 33 EcoTect Model 估算板橋氣象站(紅色)在春分、夏至、秋分、冬至(由上而下)四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的建物日光陰影之疊加圖。

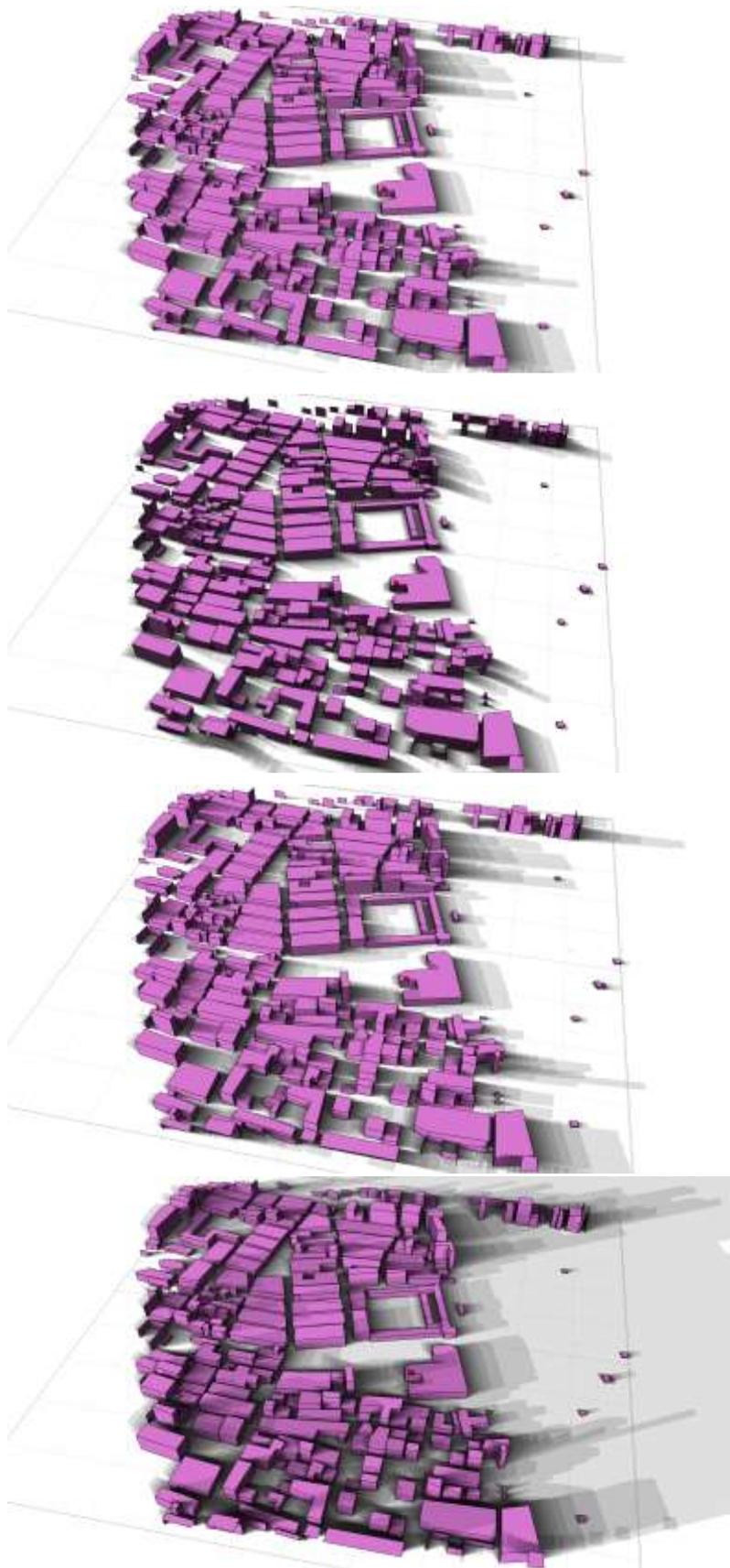


圖 34 EcoTect Model 估算新生國小氣象站周遭在春分、夏至、秋分、冬至(由上而下)四天 9:00~17:00LST 期間每一小時的建物日光陰影之疊加圖。

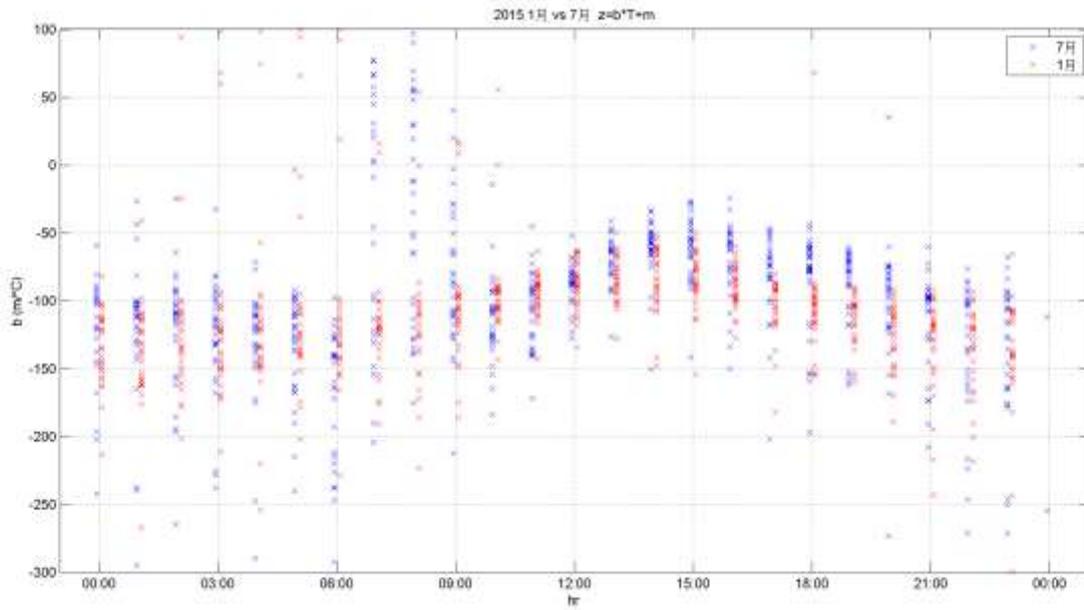


圖 35 台北盆地內氣溫之高度遞減率。三組不同高度之氣溫來自 CWB 信義測站(台北市政府頂樓:71m)、台北 101 的 34F 露台(151m)、台北 101 的 82F 露台(353m)。

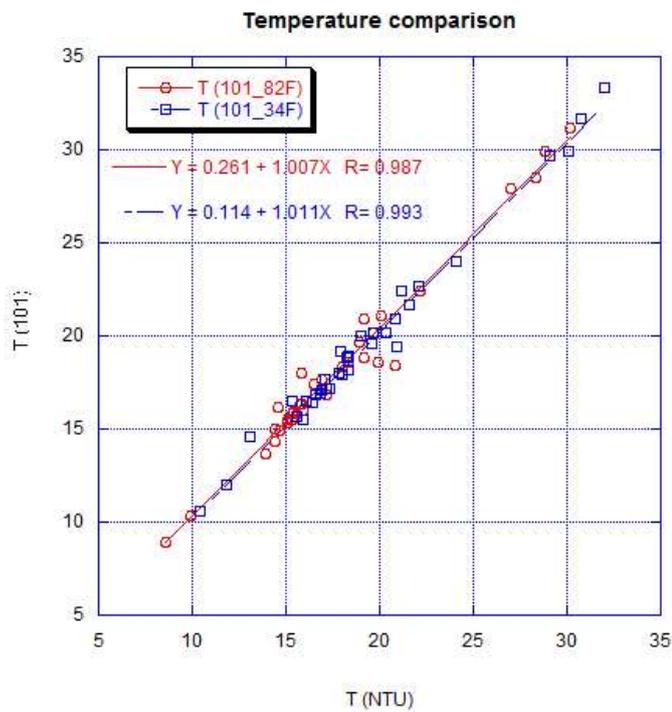


圖 36 台北 101 的 34F 露台(151m)和 82F 露台(353m)氣溫與臺灣大學大學大氣科學系無線電探空觀測之比較。

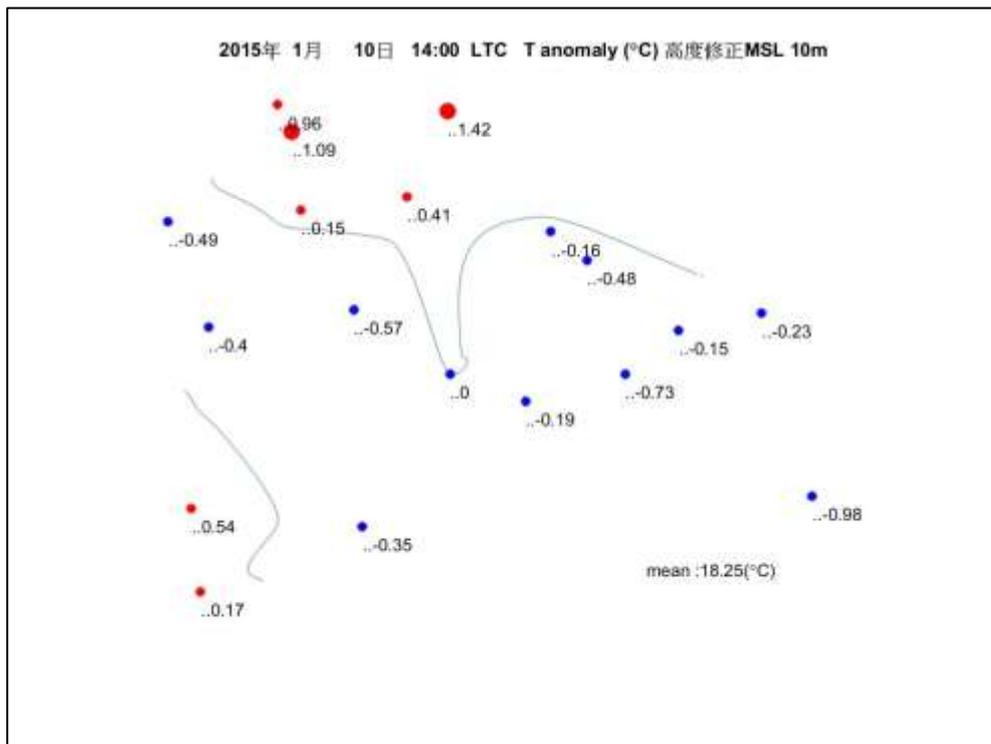
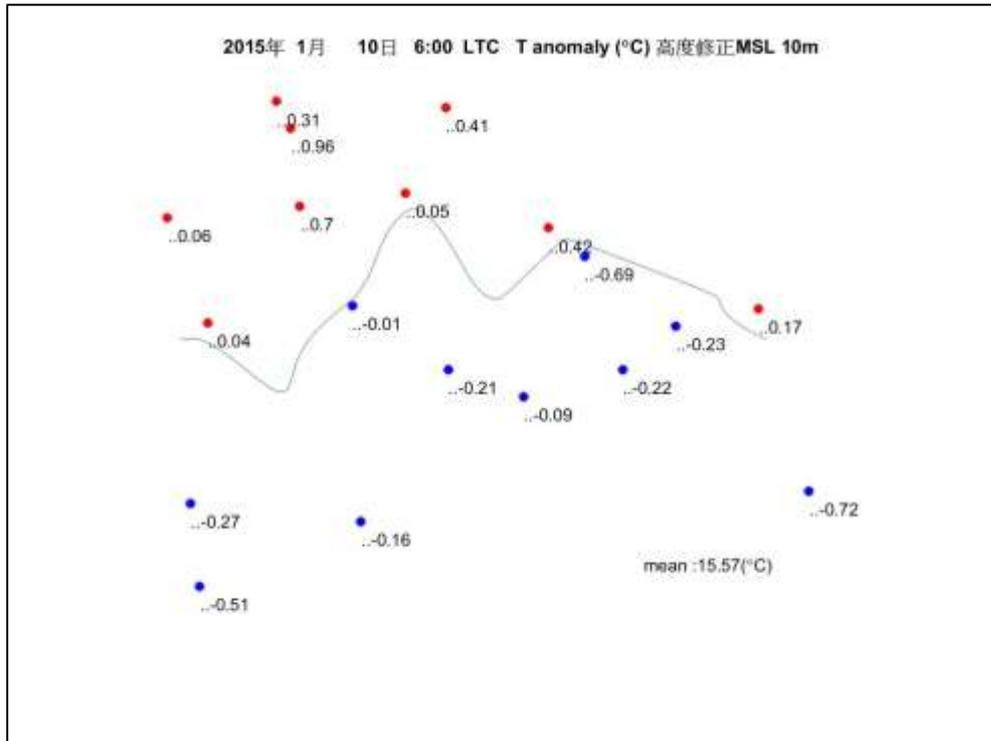


圖 37 2015 年 1 月 10 日清晨(06:00LTC)與下午(14:00LTC)台北盆地 20 處測站經過高度換算到 10m 高度的氣溫距平(以當日當時所有測站氣溫算數平均值為準)。

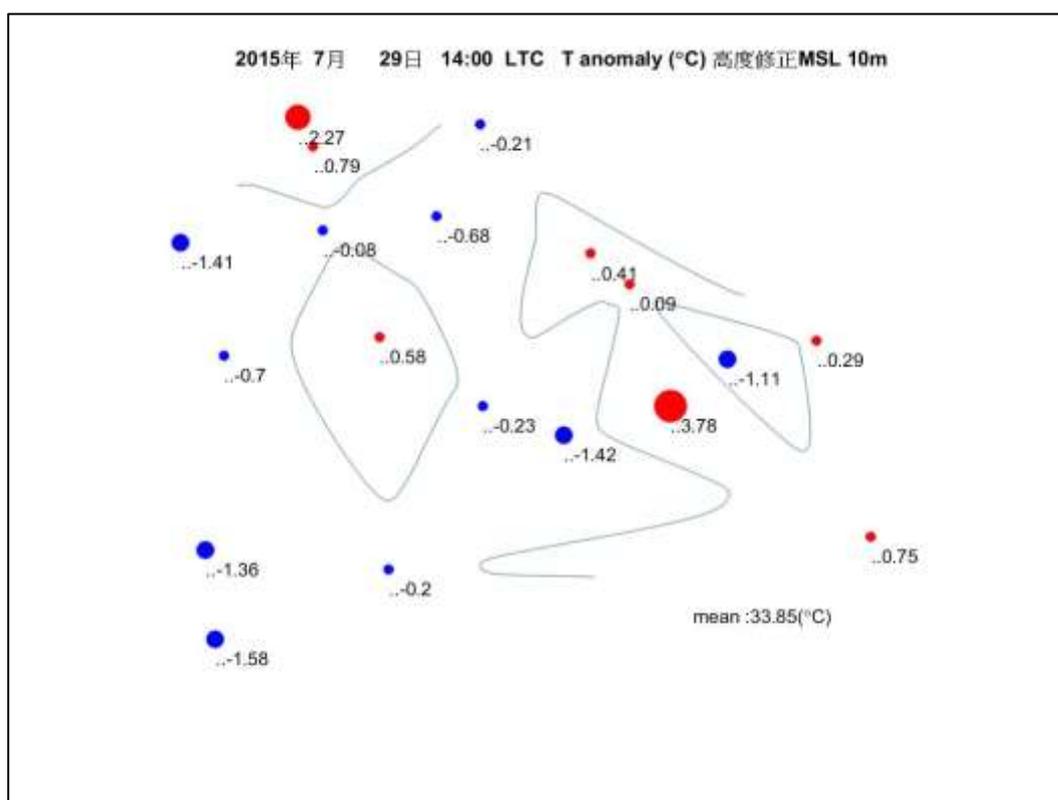
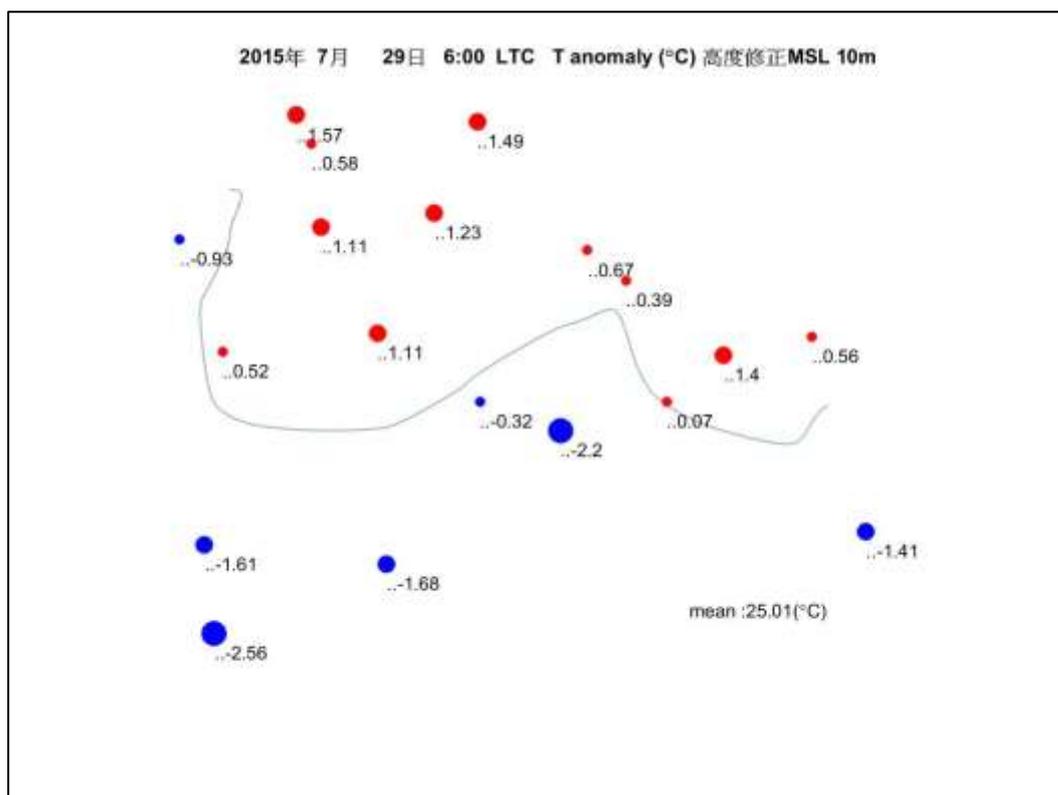


圖 38 2015年7月29日清晨(06:00LTC)與下午(14:00LTC)台北盆地20處測站經過高度換算到10m高度的氣溫距平(以當日當時所有測站氣溫算數平均值為準)。

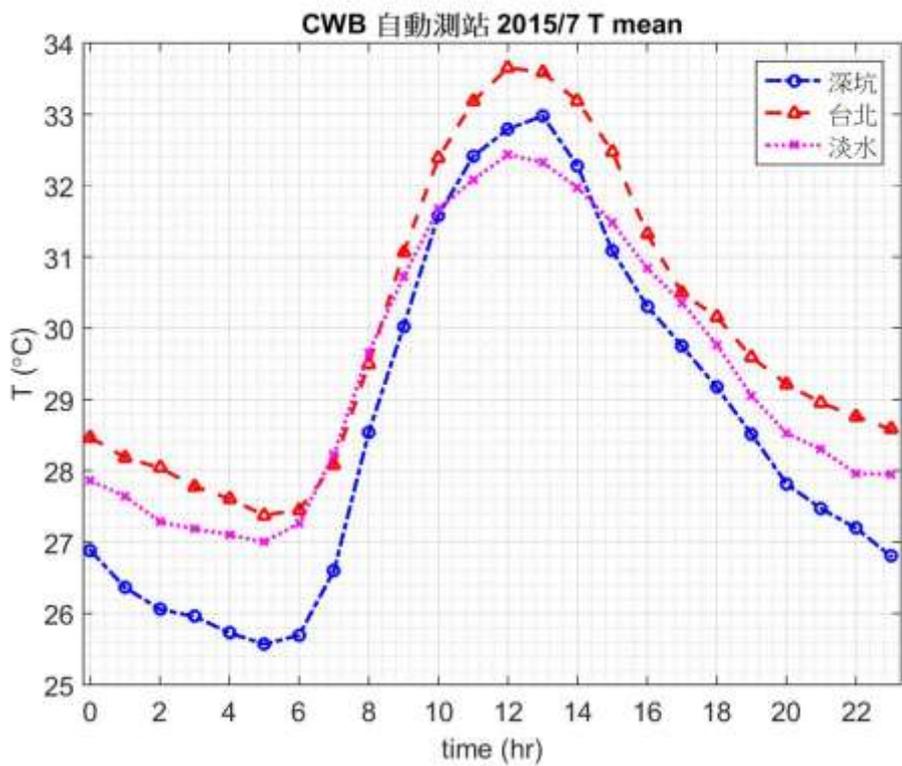
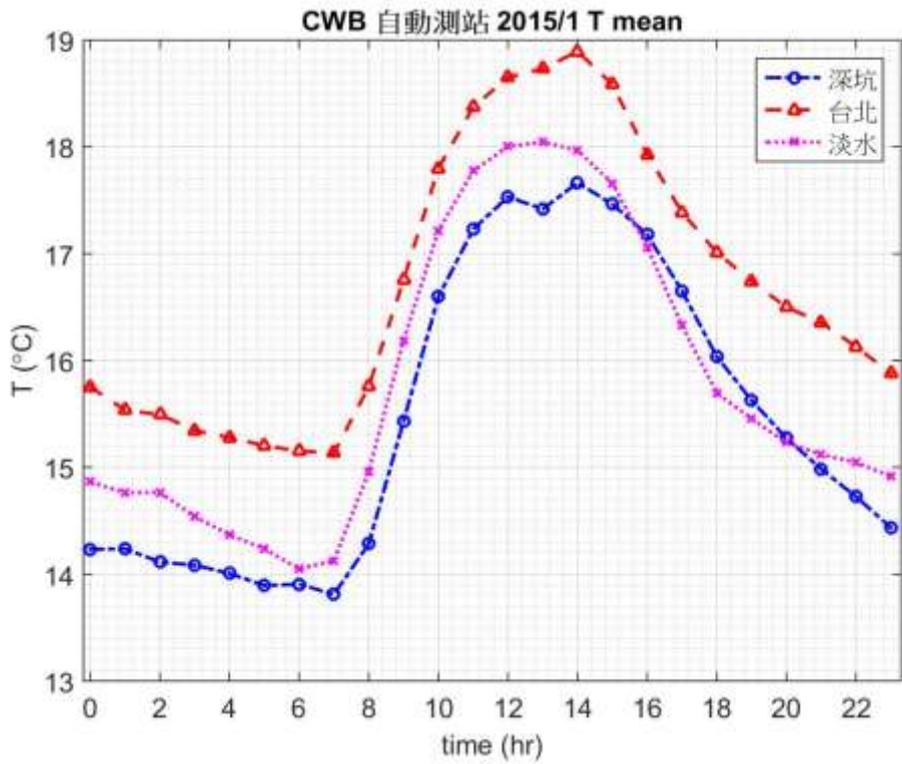


圖 39 2015 年 1 月(上)和 7 月(下)台北、淡水以及深坑三處氣象局測站月平均逐時氣溫時間序列。

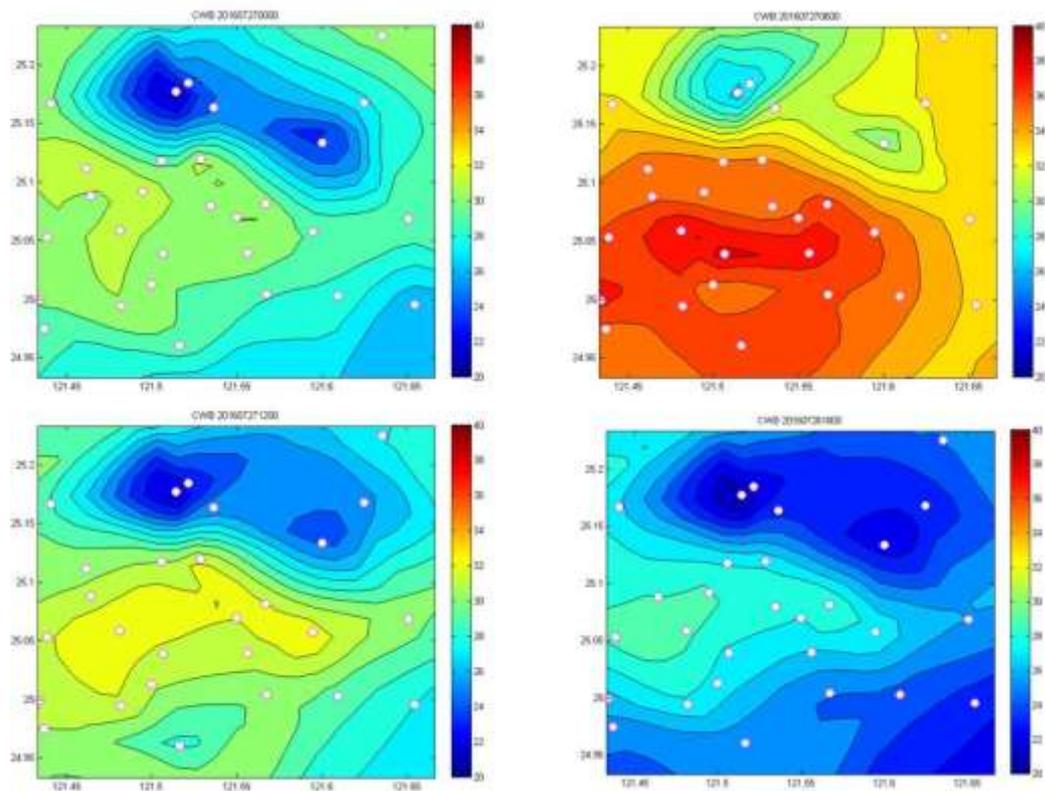


圖 40 2015 年 7 月 27 日 00-06-12-18UTC 四時刻台北盆地氣溫分布(實心白點為氣象局測站位置)。

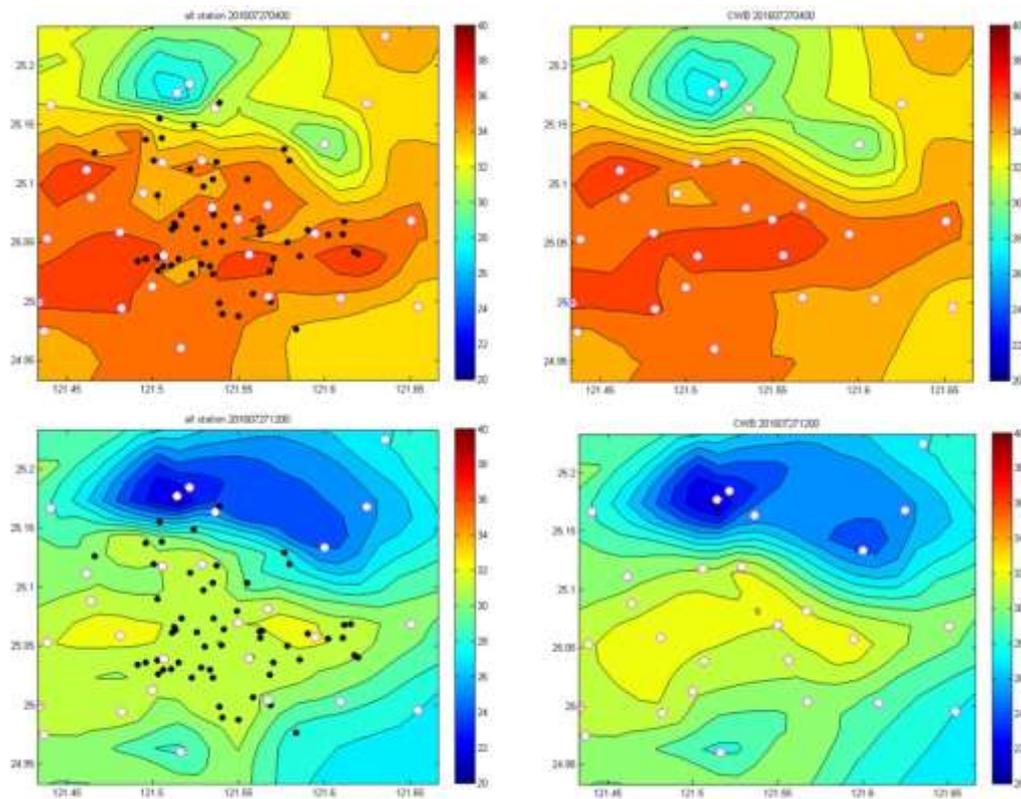


圖 41 2015 年 7 月 27 日 04、12UTC 兩時刻有無校園氣象網資料的台北盆地氣溫分布(實心白點為氣象局測站位置，黑點則為校園氣象網位置)。

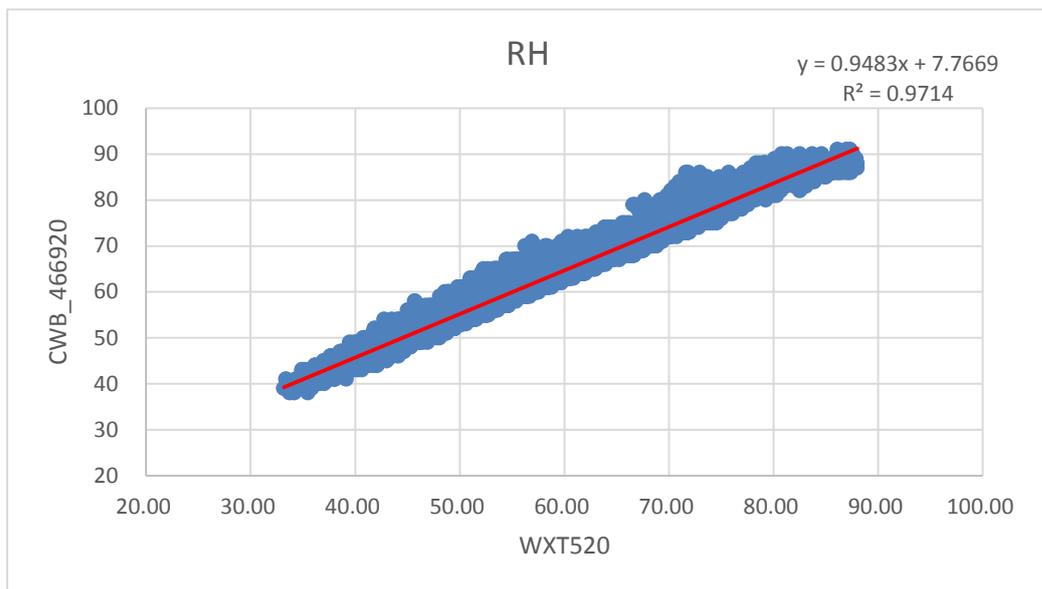
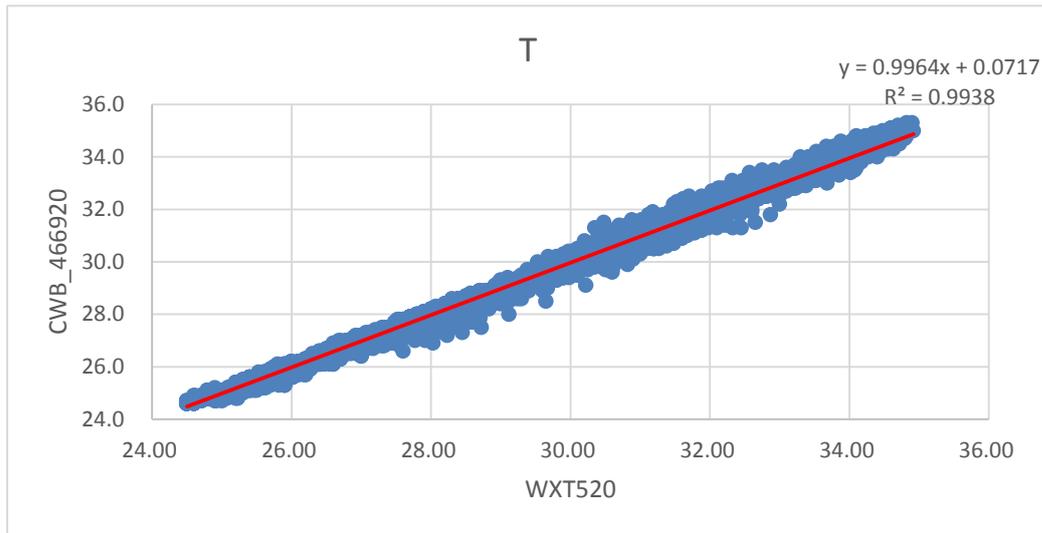


圖 42 (上) WXT520 套件氣溫觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(下) WXT520 套件濕度觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(2016 年 8 月 26 日~9 月 2 日 WXT520 套件置放在台北氣象站觀測坪)

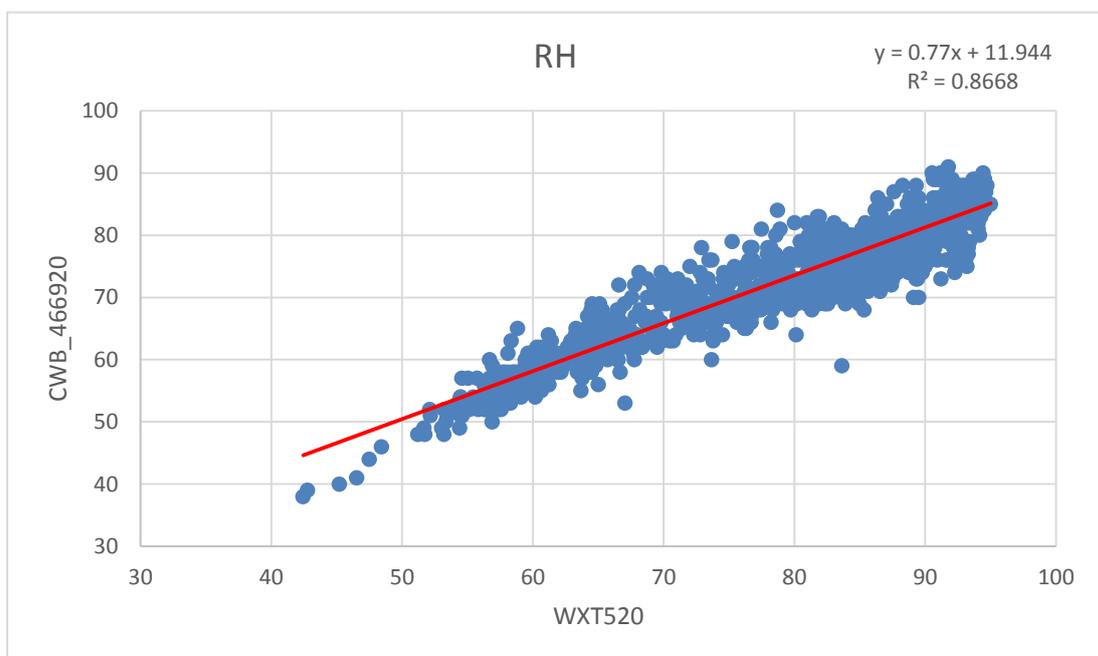
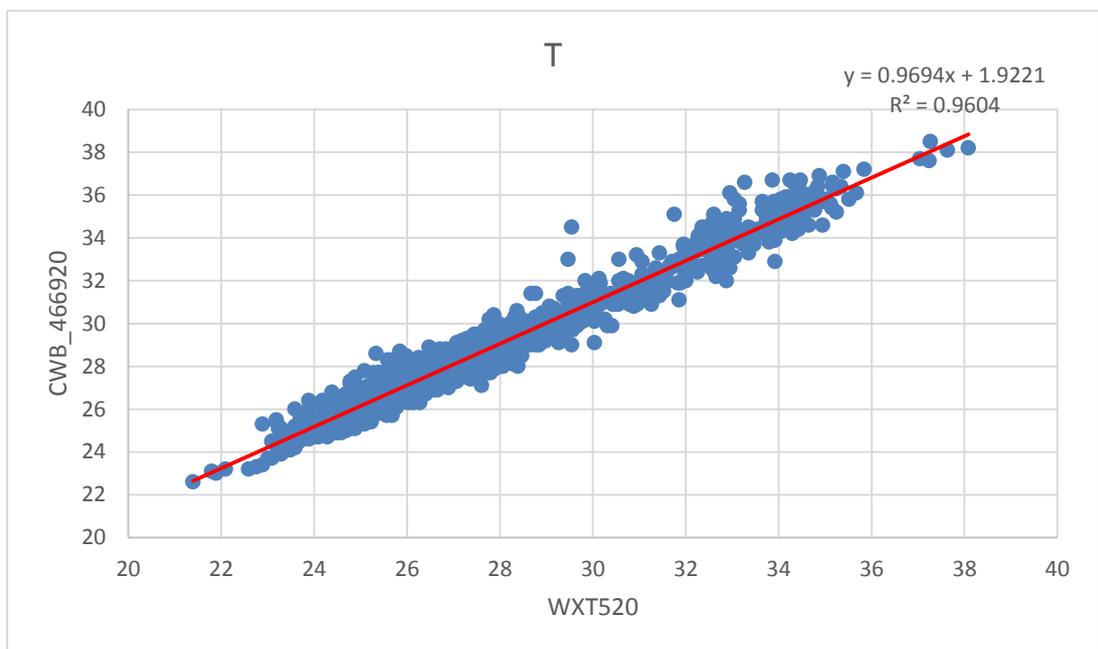


圖 43 (上) WXT520 套件氣溫觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(下) WXT520 套件濕度觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(2016 年 5 月 19 日~7 月 1 日 WXT520 氣象套件置放在大安森林公園機房 1F 屋頂)。

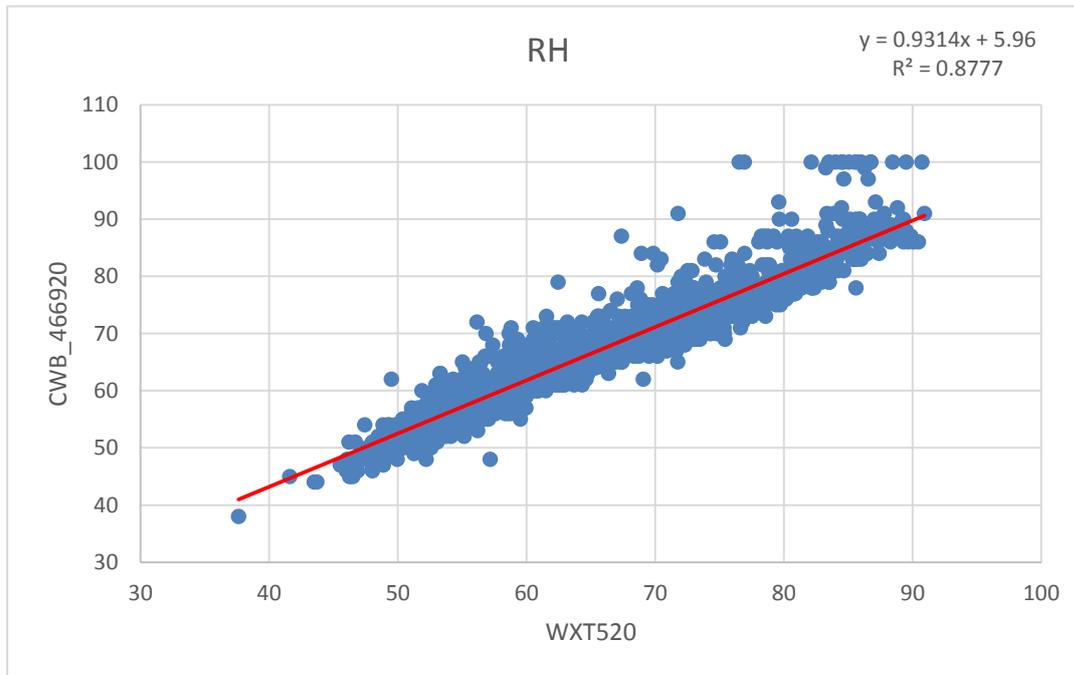
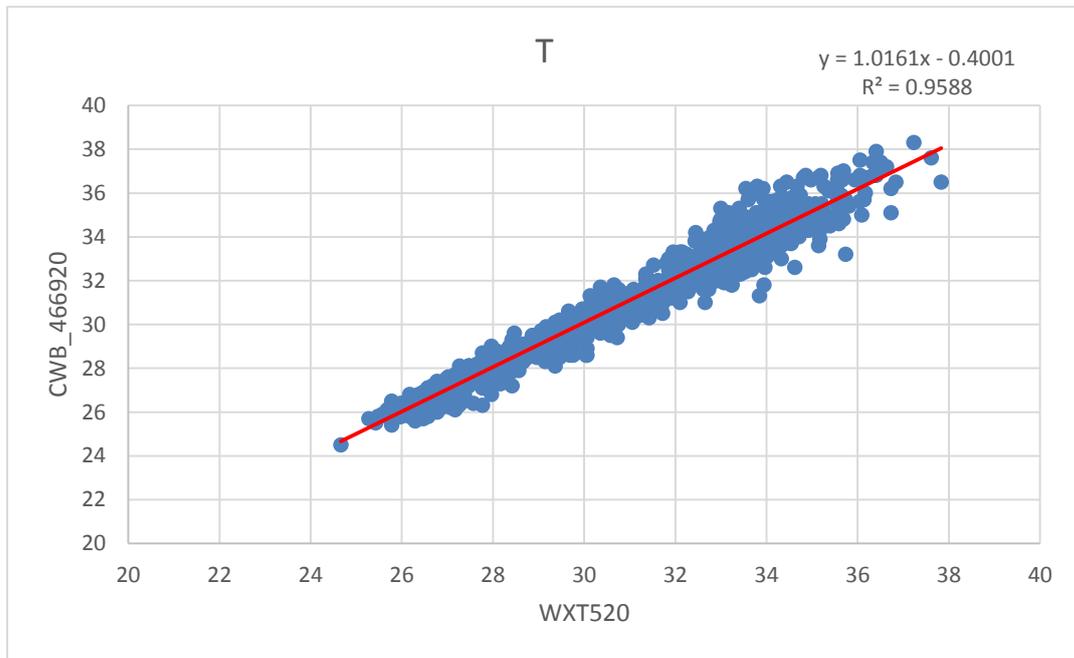
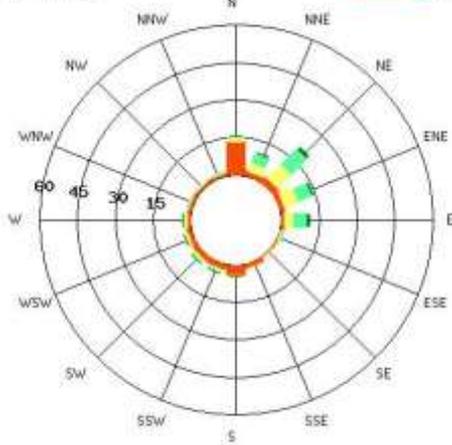


圖 44 (上) WXT520 套件氣溫觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(下) WXT520 套件濕度觀測(X 軸)和中央氣象局台北氣象站觀測值(Y 軸)。(2016 年 7 月 1 日~8 月 26 日 WXT520 氣象套件置放在新生國小屋頂)。

中央氣象局屬測站風花園

站號：466880

時間：2006年



中央氣象局屬測站風花園

站號：466880

時間：2007年



中央氣象局屬測站風花園

站號：466880

時間：2008年



中央氣象局屬測站風花園

站號：466880

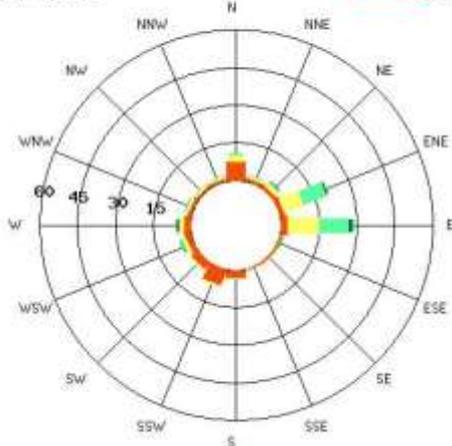
時間：2009年



中央氣象局屬測站風花園

站號：466880

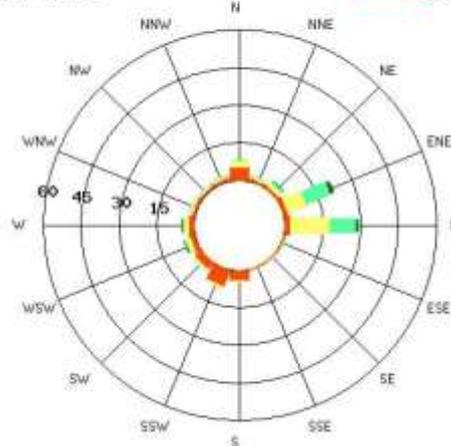
時間：2010年



中央氣象局屬測站風花園

站號：466880

時間：2011年



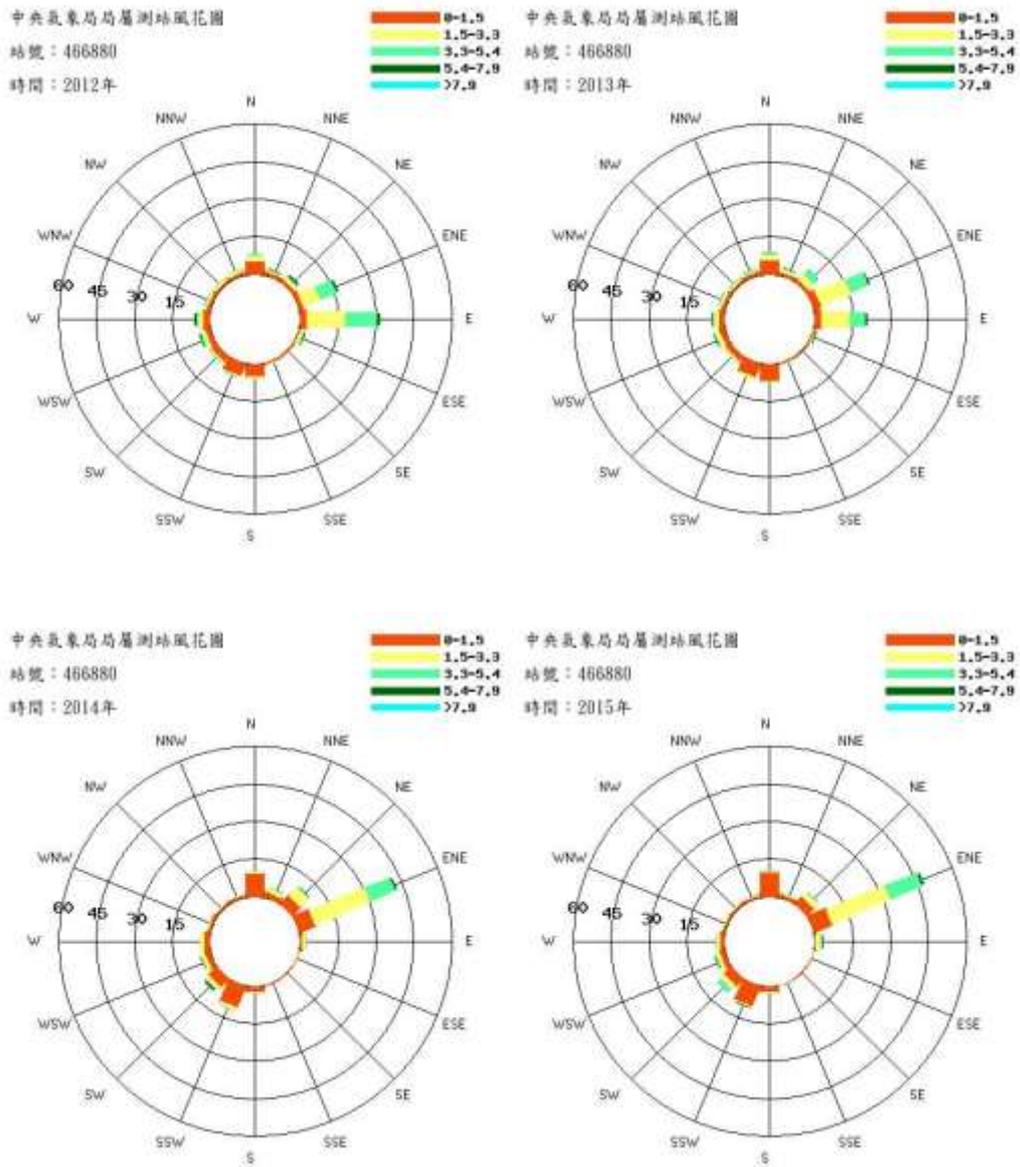


圖 45 板橋氣象站 2006 年到 2015 年各年之 365 天的風花圖一覽。

交通部中央氣象局

105 年度委託研究計畫期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱	都會環境對氣象觀測的影響評估與對策探討(1/2)	
計畫編號	MOTC-CWB-105-M-03	
計畫主持人	林博雄	
執行單位	國立臺灣大學	
審查委員姓名	審查意見	執行單位處理說明
李委員育棋	<ol style="list-style-type: none"> 1. 相關於簡報中有更新圖表數據請於期中報告修改，如資料分析有松山機場等。 2. 有關都會測站比較，請加入淡水氣象站資料進行分析。 3. 有關熱源影像比較，建議可於夜間做相同熱源分析，對於都市水泥夜間釋放熱量可做分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝指正，部分內容已加以補充修正。 2. 本次報告先以台北盆地內的氣象測站進行分析，盆地最北端納入關渡濕地通量氣象站(台大地理系計畫)；淡水測站資料已經蒐集並將在期末併入，與深坑測站分析以對照盆地內外的氣溫差異程度。 3. 期中報告3-4節增加一段文字補述此一意見。
劉委員清煌	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究有助於了解本局於都會區設站的參考。 2. 研究有助於探討現有自動站設置於樓頂的氣象的準確性。 3. 測站高度不同會影響溫度量測的基準值。 	<p>謝謝指正，都會區測站不同高度已有考量，期中報告3-3節第一段內容提及測站高度修正方式。</p>

<p>陳委員怡良</p>	<p>研究方法具體可行，相當程度量化影響參數，結果可供未來評估影響參考，審查通過。</p>	<p>謝謝指正。</p>
--------------	---	--------------

附註：

業務單位(第二組)意見：

目前使用臺北 101 及信義區觀測站點做溫度剖面推導，是否嘗試使用大臺北地區測站做剖面回推？

答覆：

謝謝指正，期末報告前將檢視這一建議，並與”臺北 101 及信義區觀測站”以及板橋探空 2015 年 1 月 7 月的 00Z、12Z 剖面分析進行比較。

交通部中央氣象局

105 年度委託研究計畫期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱	都會環境對氣象觀測的影響評估與對策探討(1/2)	
計畫編號	MOTC-CWB-105-M-03	
計畫主持人	林博雄	
執行單位	國立臺灣大學	
審查委員姓名	審查意見	執行單位處理說明
李委員育棋	<p>一、有關顯露度定義，能再詳述，臺北站風力塔旁天線影響如何？</p> <p>二、有關 ecotec 部分，臺北站衛星塔在建模能加入並做評估影響。</p> <p>三、溫度對熱源影響評估對周圍遠近影響建議能評估。</p> <p>四、溫度的遞減率是否考量大氣濕度影響。</p> <p>五、有關初步結論，熱島效率 1 度，建議能再加評估。</p>	<p>1. Page 15 補充說明顯露度定義與計算細節。測風塔上的細根天線大多為細口徑鐵桿和鏤空鐵架，遮蔽度影像處理軟體尚無法細膩削去免除計算。</p> <p>2. 臺北站衛星塔假設 20m 高度重新設定並更新表 2 與圖 22、圖 25(EcoTec)內容。</p> <p>3. 本年度僅對地表熱源進行估算，以及觀測坪周遭熱源遠近位置普查；下年度再設計熱源水平距離遠近的影響評估。</p> <p>4. 圖 35 有關溫度遞減率並未計量大氣濕度的影響。</p>

		<p>5. 熱島效率 1°C 係針對 2015 年 1 月 7 月台北淡水深坑三處的差異分析，下年度透過更密觀測網和更多個案進一步評估熱島效率。</p>
<p>劉委員清煌</p>	<p>一、計畫成果對本局未來都會區內的建站有很重要的參考。</p> <p>二、風場模擬如位於公園區，宜考慮樹木的影響並加入季節分佈及重大災害前後的差異。</p> <p>三、建議大安森林公園模擬範圍往右移一點。</p> <p>四、圖 18 溫度討論，是否有考慮 3F 高度修正？</p> <p>五、圖 11 內容有誤植，上下圖一樣。</p> <p>六、建議風花圖加入整年統計的結果。</p>	<p>1. 謝謝委員認同。</p> <p>2. 下年度繼續測試喬木灌木兩種樹高的植入效果。</p> <p>3. 本年度 StechUp 3D 建模係以大安森林公園為中心，因此下年度再重新調整空間範圍與公園內部樹木。</p> <p>4. 圖 18 並未考慮屋頂 3F 高度，理由是內文係各針對 3m, 2m 量測值與地面量測值的差異比較，並未討論兩地 2m 氣溫差異。</p> <p>5. 已修正，謝謝委員指正。</p> <p>6. 已增加圖 45 補充之。</p>

<p>陳委員怡良</p>	<p>一、建立非常有參考價值之資料。建議圖說及各分類及歸納之資料更加詳細描述清楚，則整份研究成果將具高度參考價值。審查通過。</p> <p>二、建議圖說及各分類及歸納之資料更加詳細描述清楚，則整份研究成果將具高度參考價值。</p> <p>三、圖 8. 圖 12 標上空間方位，圖 40 跟圖 41 圖說時間跟圖片內容不符</p> <p>四、圖 38 空間平均的方法？</p> <p>五、Stream Model 可否探討建物邊界摩擦的高度？</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員指正。 2. 謝謝委員指正，內文與圖表均重新潤飾。 3. 已修正，謝謝委員指正。 4. 圖 38 空間平均係指當下時刻所有測站氣溫的算術平均值再取各站對這一平均值的距平值。 5. Stream Model 放大局部建物來評斷建物邊界層紊流摩擦現象，發現紊流厚度約是建物高度的 1/10。
--------------	--	--