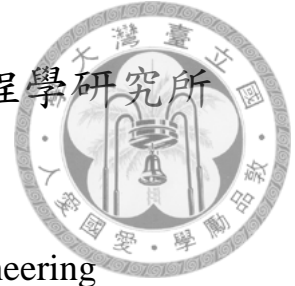


國立台灣大學生農學院生物環境系統工程學研究所



碩士論文

Department of Bioenvironmental Systems Engineering

College of Bioresources and Agriculture

Nation Taiwan University

Master Thesis

農村土地組成對戶外熱環境舒適性

與熱島強度關係之研究

Rural land consisting of outdoor thermal environment of  
comfort and study the relationship  
between heat island intensity

孫宇陽

Yu-Yang Sun

指導教授：黃國倉 博士

Advisor : Kuo-Tsang Huang , Ph.D.

中華民國 102 年 7 月

July, 2013

國立臺灣大學 (碩) 博士學位論文  
口試委員會審定書



農村土地組成對戶外熱環境舒適性  
與熱島強度關係之研究

Rural land consisting of outdoor thermal environment of comfort and study the relationship between heat island intensity

本論文係孫宇陽君 (R00622034) 在國立臺灣大學生物環境系統工程學系、所完成之碩士學位論文，於民國 102 年 07 月 19 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

黃國倉

(簽名)

(指導教授)

黃瑞隆

林子平

胡明哲

系主任、所長

黃國倉

(簽名)

## 謝誌



碩士班學生的身份轉眼之間就過去了，回想這兩年來從一無所知的摸索到快馬加鞭的實驗進度，學習的過程雖然辛苦但如到倒吃甘蔗，最終獲得相當多的收穫並且順利完成本論文。再學期間感謝許多人的栽培與指導，首先特別感謝指導教授黃國昌老師在課業學習上的悉心指導。由衷感謝論文口試委員胡明哲教授、黃瑞隆教授與林子平教授對論文初稿撥冗審閱與指教斧正，老師們精闢宏觀的見解與建議使本論文內容更加充實豐富。

研究期間，感謝昔日同窗好友及現在的學長姐嘉宏、佩君、德惠、阿吉、佳真、玉如在進來研究所前的鼓勵；感謝浩瀚樓研究室夥伴們，柏嘉、科溥、涵皓、及浩銘的閒聊，感謝許多曾經幫助過我及陪伴我玩樂的朋友們，謝謝你們。

最後感謝我家人的關懷與支持，讓我能無憂無慮地完成學業，感謝你們對我無私的奉獻與包容。



## 摘要

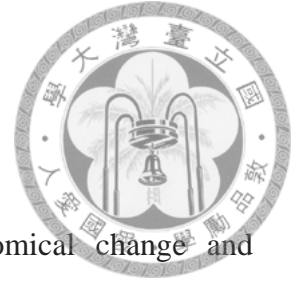
台灣的農村發展歷經社會經濟的快速變遷與調整，在空間地理環境方面也出現極大的改變，由於農村地區由於農業發展的式微、社會結構的改變、空間土地使用型態的轉變，造成農村景觀風貌、生態環境、人文社會等各方面大幅度的改變。過去政府對於公共設施規劃不當，缺乏與當地地貌、文化特色的融合，把都市型態設計的公共建設橫向移植到農村，建設諸多筆直的柏油道路、水泥鋪面廣場、單調而無特色的公共建築，更將原生的植栽數種任意砍除，造成熱島效應也在農村社區出現。

近年來受到全球暖化影響，氣候變化因溫室效應而不斷加劇，不僅氣溫逐年攀升，最低溫也屢次創下紀錄，生活環境因此產生許多待解決的問題。在農村戶外，多為無遮蔽物的建築型態，因此直接反應了這些異常的變動，也直接衝擊農村戶外活動的空間品質，農村戶外環境研究相形之下更顯得重要。

本研究建立之熱島觀測資料，並解析觀測熱島強度與熱島時空變化特性。以最能反應人工環境與熱島溫度關係的午夜時段為例：冬季熱島強度為  $1.95^{\circ}\text{C}$ ，春季熱島強度為  $2.17^{\circ}\text{C}$ ，夏季熱島強度為  $1.35^{\circ}\text{C}$ 。由本研究解析熱島溫度分布特性結果可知：綠地及水域對於高溫化的緩和效果具有顯著影響。集居型農村與散居型農村皆會產生熱島效應。

關鍵字：農村熱島、熱舒適、PET、戶外熱環境

# Abstract



Taiwan's rural development experienced rapid social-economical change and adjustment, and great changes also appeared in geographical environments. Due to declining agricultural development, changes in social structure and alterations of land use patterns, rural landscape styles, a substantial degree of change occur in environment, humanities and society and other aspects. The Government and the public usually viewed balanced rural and urban development as urbanization in rural areas, resulting in inappropriate designs of infrastructures without integration of local landscape and cultural characteristic. In addition, numerous straight asphalt roads, squares covered by cement pavement and monotonous and anonymous public buildings were constructed and native plantings were removed, causing the occurrence of the heat island effect in rural communities.

Recent years, because of the influences of global warming, climate change due to aggravation of greenhouse effect not only raises the temperature year by year, but breaks the lowest record producing many problems to be solved in living environment. Owing to insufficient shade outdoors in rural areas, these variations directly impact on the quality of rural area for outdoor activities.

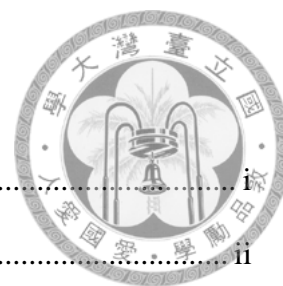
This study established the observed information of heat island effect and analyzed the intensity of observed heat island effects and the spatiotemporal characteristics of heat island effect. Taking the period of midnight, which could react the correlation of artificial environments and the heat island temperature, as an example: intensity of the heat island for winter was  $1.95^{\circ}\text{C}$ , for spring was  $2.17^{\circ}\text{C}$  and for summer was  $1.35^{\circ}\text{C}$ . The results of characteristics of the heat island temperature represent that the waters and

green areas have a remarkable influence on heat mitigation. Moreover, the heat island effect will exist in both Kibbutz-type and scattered type of rural areas.

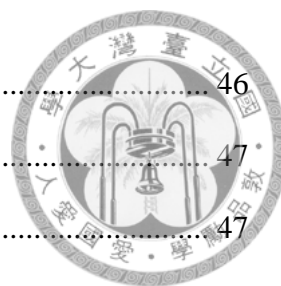


Keywords : PET 、 thermal comfort 、 heat island 、 Micro climate 、 Urban heat island effect

# 目錄

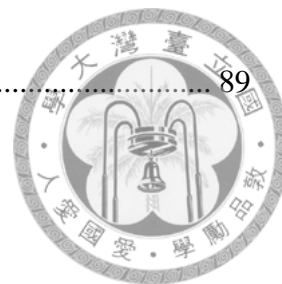


摘要 .....	i
Abstract.....	ii
表目錄 .....	vii
圖目錄 .....	ix
第一章 緒論 .....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究目的.....	2
1-3 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧 .....	4
2-1 氣候尺度的定義.....	4
2-2 都市熱島效應理論.....	6
2-2.1 都市熱島效應理論.....	6
2-2.2 都市熱島效應成因.....	9
2-3 熱平衡相關理論.....	11
2-3.1 人體熱平衡模式.....	11
2-3.2 人體熱適應模式.....	11
2-3.3 熱舒適指標.....	12
2-4 國內外熱島效應文獻.....	18
2-5 戶外熱環境文獻.....	22
第三章 農村熱島效應探討 .....	26
3-1 調查方法.....	26
3-2 儀器架設與配置.....	28
3-3 調查地點.....	31
3-3.1 埤前村介紹.....	32



3-3.2 共榮社區介紹.....	46
3-4 分析方法.....	47
3-4.1 土地型態定義.....	47
3-4.2 相關性分析.....	48
3-5 土地組成與氣溫相關性分析.....	51
3-6 成果與分析.....	58
3-6.1 土地使用組成因子的量化.....	58
3-6.2 土地利用與農村熱島之關聯.....	62
第四章 戶外熱環境舒適性探討.....	65
4-1 調查地點.....	65
4-2 問卷設計.....	67
4-3 實測儀器配置與流程.....	69
4-4 分析方法.....	73
4-5 實測結果分析.....	74
4-5.1 熱適應與熱期望探討.....	74
4-5.2 物理環境因子檢討.....	75
4-5.3 熱敏感分析.....	76
4-5.4 熱中性溫度分析.....	78
4-5.5 熱喜好溫度分析.....	79
4-5.6 熱接受度範圍.....	82
第五章 結論與建議.....	86
5-1 結論.....	86
5-1.1 熱島強度關係部份.....	86
5-2.2 農村戶外熱環境部份.....	86
5-2 建議與改善.....	87

參考文獻.....



# 表目錄

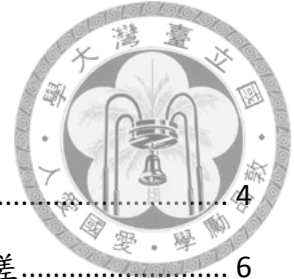


表 1 氣候尺度對應.....	4
表 2 LUKE HOWARD 列出的都市溫度 (°F) 和都市與郊區的溫度差.....	6
表 3 熱舒適度指標 (中央氣象局) .....	13
表 4 PMV 建立指標之冷熱等級.....	13
表 5 熱島效應研究分析表 .....	18
表 6 戶外熱環境分析表 .....	22
表 7 不同都市熱島監測法的比較表 .....	27
表 8 戶外熱島強度研究實測儀器介紹表 .....	28
表 9 ISO 7726 規範測量儀器之標準 .....	28
表 10 儀器設備規格.....	29
表 11 HOBO 自計式溫濕度計溫度校正值 .....	29
表 12 埤前社區相對溼度比較 (1979-2008) .....	33
表 13 埤前社區每月平均溫度比較 (1979-2008) (單位：°C) .....	33
表 14 埤前社區平均降雨日數及降雨量統計表 .....	33
表 15 埤前社區日照時數表較 (單位：小時) .....	34
表 16 A 測點位置土地組成及現況圖 .....	35
表 17 B 測點位置土地組成及現況圖 .....	36
表 18 C 測點位置土地組成及現況圖 .....	37
表 19 D 測點位置土地組成及現況圖 .....	38
表 20 E 測點位置土地組成及現況圖 .....	39
表 21 F 測點位置土地組成及現況圖.....	40
表 22 G 測點位置土地組成及現況圖.....	41
表 23 H 測點位置土地組成及現況圖.....	42

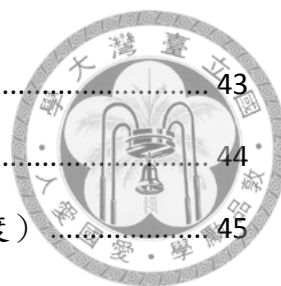


表 24	I 測點位置土地組成及現況圖 .....	43
表 25	J 測點位置土地組成及現況圖 .....	44
表 26	K 測點位置土地組成及現況圖 (最低溫度測點, 背景溫度) .....	45
表 27	冬季土地組成與氣溫之相關性 .....	51
表 28	春季土地組成與氣溫之相關性 .....	53
表 29	夏天土地使用與氣溫相關係數 .....	55
表 30	十一個測點土地使用組成形態統計表(半徑 30 公尺) .....	59
表 31	十一個測點土地使用組成形態統計表(半徑 50 公尺) .....	60
表 32	十一個測點土地使用組成形態統計表(半徑 100 公尺) .....	61
表 33	面積及土地組成分析表 .....	62
表 34	30M 預測迴歸公式 .....	63
表 35	50M 預測迴歸公式 .....	64
表 36	100M 預測迴歸公式 .....	64
表 37	戶外熱環境舒適性研究實測儀器介紹表 .....	70
表 38	戶外熱環境舒適性研究於 ISO 7726 規範測量儀器之標準 .....	71
表 39	戶外熱環境舒適性研究儀器設備規格 .....	71
表 40	熱感覺尺度與熱期望分析表 .....	74
表 41	戶外熱感知統計表 .....	77
表 42	戶外熱喜好溫度分析表 .....	80
表 43	接受度分析表 .....	82
表 44	戶外熱環境接受度範圍分析表 .....	84

# 圖目錄

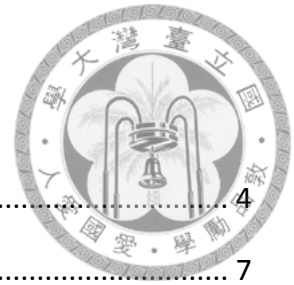
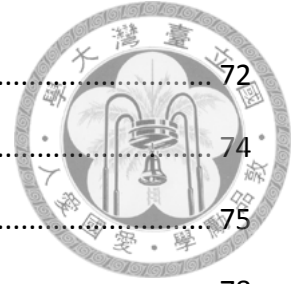


圖 1 氣候尺度關係圖.....	4
圖 2 都市實體反射率.....	7
圖 3 熱島效應示意圖.....	7
圖 4 都市熱島強度.....	8
圖 5 戶外熱舒適關係圖.....	12
圖 6 ASHARE 的舒適曲線.....	15
圖 7 半戶外及戶外熱舒適性接受範圍.....	15
圖 8 RAYMAN 模型操作介面.....	17
圖 9 實測儀器溫度差異較正數據圖.....	29
圖 10 義竹鄉埤前村現況位置圖.....	31
圖 11 共榮社區農村再生計畫範圍.....	31
圖 12 義竹鄉埤前村所在位置圖.....	32
圖 13 埤前社區測點分布圖.....	34
圖 14 北市三芝區的位置.....	46
圖 15 土地使用型態因子分類圖.....	47
圖 16 2 月 2 日中午 12:00 溫度分布圖.....	52
圖 17 2 月 2 日午夜 12:00 溫度分布圖.....	52
圖 18 4 月 17 日中午 12:00 溫度分布圖.....	54
圖 19 4 月 17 日午夜 12:00 溫度分布圖.....	54
圖 20 5 月 9 日午夜 12:00 溫度分布圖.....	56
圖 21 5 月 9 日中午 12:00 溫度分布圖.....	56
圖 22 地理位置圖.....	66
圖 23 問卷格式.....	68

圖 24 實驗現況圖 .....	72
圖 25 熱感知與熱期望對應統計圖 .....	74
圖 26 溫度、濕度、風速感知分佈圖 .....	75
圖 27 熱感知與生理等效溫度關係圖 .....	78
圖 28.熱中性溫度分析圖 .....	79
圖 29 戶外熱環境喜好溫度分析圖 .....	81
圖 30 熱接受度百分比圖 .....	82
圖 31 熱接受範圍圖 .....	85





# 第一章 緒論

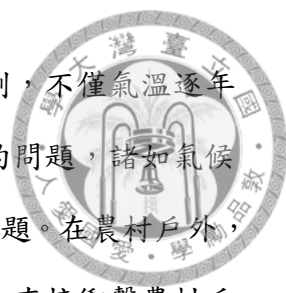
## 1-1 研究動機

台灣的農村發展歷經社會經濟的快速變遷與調整，在空間地理環境方面也出現極大的改變，農業部門的萎縮不僅明顯反映在地區的產業發展、就業結構的改變，在空間土地使用方面也相應呈現有明顯變化。就土地使用情形觀之，依縣市統計要覽統計，現行非都市土地各分區間之數量變動發現，非都市土地中限制發展區數量逐年增加，而特定農業區及農村區則因農業發展萎縮而面積逐年減少，顯示主要農業生產用地逐漸轉型為他種分區使用。因此，由於農村地區由於農業發展的式微、社會結構的改變、空間土地使用型態的轉變，造成農村景觀風貌、生態環境、人文社會等各方面大幅度的改變。

由於都市地區居住高密度以及地價、房價高漲，以致產生了都市周邊的農村蔓延與蛙躍式發展，農舍、違規工廠四散分布於農地間，以及新闢道路等相關公共建設的不當規劃，不僅影響農業的機械化與規模生產，更切割原有綠地區塊或生物棲地而造成零碎化，加上污水及垃圾未能妥善處理的污染，更造成農村水圳、埤塘、林地、河川、溼地等生態系統的破壞，並影響安全農業生產的隱憂。

過去由於政府部門及民眾普遍思維，將城鄉均衡發展與農村都市化二者畫上等號，以致政府對於公共設施規劃不當，缺乏與當地地貌、文化特色的融合，把都市型態設計的公共建設橫向移植到農村，建設諸多筆直的柏油道路、水泥鋪面廣場、單調而無特色的公共建築，更將原生的植栽數種任意砍除，造成熱島效應也在農村社區出現。

此外，農村地區的建築形式也向都市看齊，單調的二、三層樓坪頂式的鋼筋水泥建築，甚或鐵皮違建、鐵窗、水泥磚牆、停車空間與庭院鋪面等等，加以突兀的建築色彩與紛亂的座向，因此今日台灣鄉間自然質樸而合諧的田園風貌已難復見，代之而起的是髒亂單調、缺乏特色的水泥化、都市化鄉村景觀。



近年來受到全球暖化影響，氣候變化因溫室效應而不斷加劇，不僅氣溫逐年攀升，最低溫也屢次創下紀錄，生活環境因此產生許多待解決的問題，諸如氣候之聖嬰與反聖嬰現象、都市之熱島效應，皆是目前環境之重要議題。在農村戶外，多為無遮蔽物的建築型態，因此直接反應了這些異常的變動，也直接衝擊農村戶外活動的空間品質，農村戶外環境研究相形之下更顯得重要。其中，農村戶外熱環境調查便是針對農村戶外群眾所做的熱舒適性調查，對於了解農村社區居民及前往遊玩的民眾當下對於熱環境的滿意狀況做研究。

## 1-2 研究目的

以往台灣的熱島效應研究均著重於都會區，熱環境的多探討都市、校園、街廓、小區域等研究，對農村的熱島及熱環境研究著墨甚少，本研究為了建立農村微氣候研究的初步方法，進行定點量測與戶外空間熱環境之調查與研究，主要研究目的如下所示：

1. 現地熱島觀測與解析，釐清影響實數據的因子以及各因子的關聯性及土地組成對於地區溫度的影響。
2. 針對戶外空間環境，進行個人行為與氣候條件等因子，對於熱環境感知、熱舒適性差異與熱適應性之研究，探討民眾感覺舒適的溫度及範圍。

### 1-3 研究流程



## 第二章 文獻回顧



### 2-1 氣候尺度的定義

熱島效應研究主要涵蓋的氣候空間為土地不同使用性質造成週邊氣候改變之範圍，此範圍為本研究主要探討之氣候分類，但明確的氣候分類定義卻因不同學者而不盡相同，國外統一使用 (micro climate) 稱呼，在台灣「微氣候」一詞延用已久，根據日本吉野正敏教授所著的「小氣候」(1976) 一書當中所建議的氣候尺度 (表 2.1)。對本研究所探討的農村近地表的氣候尺度，採用「微氣候」統稱。

表 1 氣候尺度對應

氣候	圖塊編號	水平範圍 (M)	垂直範圍 (M)	氣候現象	氣候現象時間 (秒)
微氣候 Micro climate	M1~M10	$10^2 \sim 10^2$	$10^2 \sim 2 \times 10^0$	水田現象 溫室內的氣候	$10^{-1} \sim 10^1$
小氣候 Micro climate	L1~L5	$10^1 \sim 2 \times 10^4$	$10^{-1} \sim 10^3$	霜道 斜面的溫暖帶	$10^1 \sim 10^4$
中氣候 Meso climate	S1~S2	$10^3 \sim 2 \times 10^5$	$10^0 \sim 6 \times 10^8$	都市氣候 盆地氣候	$10^3 \sim 10^5$
大氣候 Marco climate	A1	$(2 \sim 4) \times 10^5 \sim 10^7$	$10^0 \sim 2 \times 10^5$	氣候帶 季節風帶	$10^5 \sim 10^7$

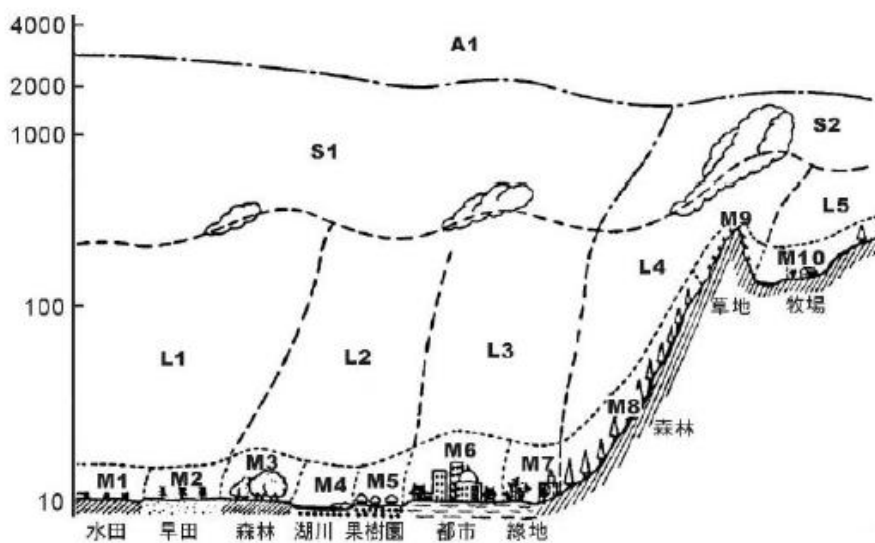



圖 1 氣候尺度關係圖



而我國內政部營建署對微氣候的定義「指某一地點氣候的細微結構。在地表上下 1~2 公尺以內以及在植物覆蓋層下面，溫度、濕度和風都有著很大的梯度和變化」。微氣候的影響只要到植物、建物、微地形等大約四倍的高度就不再發生作用了。微氣候強烈地受土壤、植被、坡度、方位以及開敞程度的影響。

而影響微氣候的因素有以下幾點：

1. 土壤和地表面：沙土和乾土地表溫度變化大，黏土和溼土是較好的導體，地表溫度變化小。此外，土壤承受和保持水分的能力以及黏結和龜裂的秉性，對微氣候皆有影響。
  2. 植被：密而矮的植被可以減小土壤溫度的變化。
  3. 地形：對微氣候有直接的影響。如南坡冬季獲得較多的熱量；夜間在坡底形成冷湖；由於空氣的密度差引起夜間的下降風和白天的上坡風；在谷底出現山谷風等。
  4. 屏障和粗糙度：與風向垂直的壁障，可以在其高度 20 倍的距離內減小風速。地面的粗糙度可以減弱下層的風。
  5. 平流：強的平流現象主要發生在兩側性質明顯不同的邊界附近。而平流引起的微氣候變化可影響到大範圍的天氣現象，如海洋空氣的流入能引起陸地上的降水。
- 本研究依吉野正敏之文獻分類屬於微氣候尺度。



## 2-2 都市熱島效應理論

### 2-2.1 都市熱島效應理論

1820 年 Luke Howard 發行了一份倫敦和鄉村的溫度計指數對照表(如表 2.2)。從這張表中他發現都市的氣溫比鄰近的鄉村還高。他還指出都市晚上的溫度會比鄉村高出約 3.7°F，首次提出都市熱島效應的概念。「都市熱島」這一名詞由 Gordon Manley (Gordon Manley, 1958) 在英國皇家氣象學會出版之學報中提出。(鄭琬純, 2004)

表 2 Luke Howard 列出的都市溫度 (°F) 和都市與郊區的溫度差

日夜之月平均溫度及溫差				1807~1816 之月平均溫度			
月份	日間月 平均最 高溫	夜間月 平均最 高溫	溫差	月份	鄉村	倫敦	差值
01	40.28	31.36	8.92	01	34.16	36.2	2.04
02	44.63	33.70	10.93	02	39.78	41.47	1.69
03	48.08	35.31	12.77	03	41.51	42.77	1.26
04	55.37	39.42	15.95	04	46.89	47.69	0.80
05	64.06	46.54	17.52	05	55.79	56.28	0.49
06	68.36	49.75	18.61	06	58.66	59.91	1.25
07	71.50	53.84	17.66	07	62.40	63.41	1.01
08	71.23	53.94	17.29	08	61.35	62.61	1.26
09	65.66	48.67	16.99	09	56.22	58.45	2.13
10	57.06	43.51	13.55	10	50.24	52.23	1.99
11	47.22	36.49	10.73	11	40.93	43.03	2.15
12	42.66	33.90	8.76	12	37.66	39.40	1.74

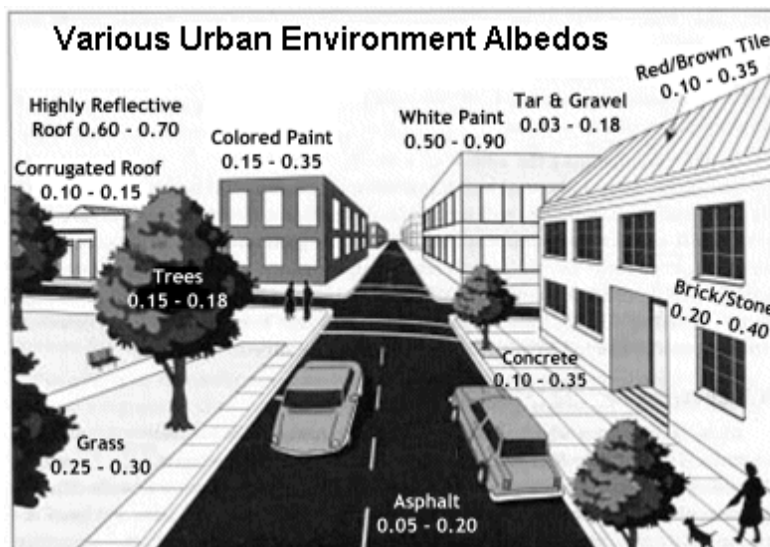
資料來源：鄭師中，都市氣候學，徐市基金會，1988，p6

Taha, Akbari 和 Sailor 於 1992 年提出在都市裡，建築物和人工鋪面快速的取代都市內的原有自然景觀地貌，太陽所發散的能量被道路和建築物的屋頂所吸收，導致都市內的溫度比近郊的溫度高。都市內存在著不同的實體，這些實體各具有不同的反射率，(如圖 2.2)。所謂的反射率 (albedo) 是一種量測太陽能被地球表面實體反射回去的能力，反射率高表示太陽能被吸收的少，反射率高表示太陽能



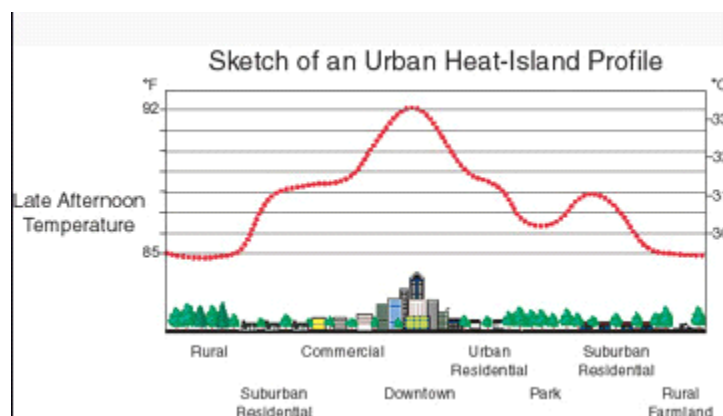
被吸收的高，太陽能吸收的高即實體的溫度也較高。都市內的實體由於白天吸收較多的太陽能，到了夜間則開始釋放這些熱能，造成都市有如一座發熱的島嶼。而不透水鋪面造成都市內的降水迅速的排出，使降水調節溫度的機制降低，這些原因都讓都市的溫度高於周圍郊區的溫度，而這種現象就稱為都市的「熱島效應」。

(如圖 2.3)



資料來源：[http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban\\_heat\\_island.html](http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html) 資料上傳日期：1999年8月5日

圖 2 都市實體反射率



資料來源：[http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban\\_heat\\_island.html](http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html) 資料上傳日期：1999年8月5日

圖 3 熱島效應示意圖

熱島強度的定義，都市中心與周圍郊區的溫度差距稱為熱島強度(如圖 2.4)，

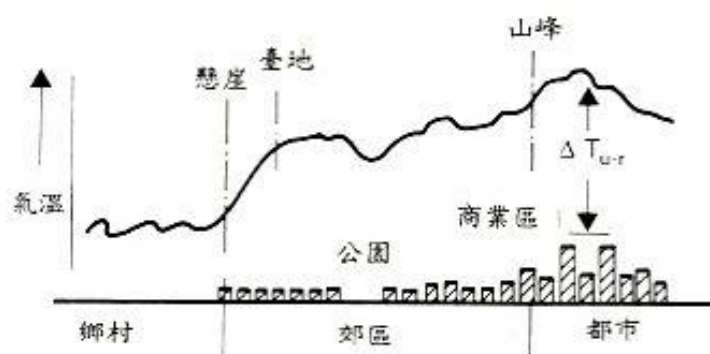


此溫度差之熱島強度可當作熱島效應的一種指標，都市熱島的強度是以熱島中心減去同時間、同高度(通常是指距地面 1.5m)附近郊區的氣溫差值來表示，也可用都市各站平均氣溫與同時間、同高度郊區各測站平均氣溫的差值來表示(Oke,1973; 李魁鵬,1999)。但由於氣象測站不多，往往是以選取都市某一具有代表性的測站與郊區某一具有代表性的測站氣溫資料進行比對，以表示都市熱島的強度變化。根據大量的觀測事實表示，都市熱島強度具有明顯的日變化和季節變化。透過此一指標，我們具有更客觀的評估方式，說明都市內部熱島效應的嚴重程度，提供管理者更據科學且可性度更高的參考指表。都市熱島效應強度計算公式如下：

$$\Delta T = T_u - T_s$$

其中： $\Delta T$  = 熱島強度指標； $T_u$  = 都市內部之平均地表溫度； $T_s$  = 研究區最低平均溫度。

都市熱島強度指標越高，代表該研究區內部相較於其郊區產生並集中更多的熱能，即可說明，都市熱島效應現象越嚴重。如同都市熱島效應為相對性的現象表徵，都市熱島強度指標是一種相對性的指標，無法藉由絕對標尺規規範判定是否有都市熱島現象的產生與其嚴重程度之等級。



資料來源：1. Oke, T. R., Boundre Layer Climate, NE:Methuen, 1987.

2. 洪得娟、顏家芝、李麗雪，都市和自然作用，田園城市文化事業有限公司，1998,P.260

圖 4 都市熱島強度



## 2-2.2 都市熱島效應成因

都市熱島效應產生的主要原因有三項：高蓄熱體與吸熱面積增加、人工熱源增加以及自然景觀與排水減少。

### 一、高蓄熱體與吸熱面積增加

城市內，人工建築物實體通常具有高熱容量、高導熱性與低反射率的特性，在白天大量太陽幅射被吸收使都市內部的溫度快速增加，使都市內部增溫幅度超過建築實體較少的近郊。夜間，太陽幅射入射量減少，因此人工實體釋放白天吸收熱能至大氣中，使都市內部氣溫保持高溫狀況。

同時，都市人工建物多為高層或超高層建物，其設計建造多為不規則幾何狀況與高反射率、高吸熱的建材(如玻璃帷幕等)，產生都市峽谷效應(canyon effect)，使氣流無法平行對流，並產生風阻，污染物質與氣溫無法與周遭大氣平衡，形成氣流聚集的高污染濃度區。另外，高反射建材與大樓高度，會增加大氣入射幅射能與地表反射幅射能反射路徑，吸熱面積增加，造成都市環境儲熱能力的提高。

### 二、人工熱源增加

都市中的人工熱源種類很多，主要有商業事務機器、汽機車輛、建築照明、冷暖空氣調節設備等。人口的大量集中使得各種能源，如石油、瓦斯、電能的使用量增加。這些能源的使用最終都會產生熱量，當環境狀況不佳時，導致那些累積的人工熱量在夜間也無法消散。如此將使都市更加依賴空調系統，並使都市環境更加惡劣，為環境帶來更大量的人為溫室氣體，使都市內部地表溫度上升幅度加劇，產生都市熱導效應。

### 三、自然景觀減少與排水系統

綠地可以調節大氣溫濕度的原因是綠地可以自然涵養水份，在降雨時吸收水份，在溫暖乾燥的日子蒸發，如此可以增加空氣的濕度，同時降低地表的熱量。綠色植物對溫濕度的調節也有很大的幫助，這是因為茂密的枝葉可以吸收和反射80%~90%的短波太陽幅射熱，葉片的蒸散作用又可以消耗部份的熱量。因此，同



一地區日間在森林內之平均氣溫比森林外約低攝氏3~5度。

一般的都市都有良好的排水系統，不論是雨水或是家庭生活廢水、污水都會經過排水系統迅速地排放的市區外，以避免都市內部發生積水問題。由於水份的停留時間過短，對不透水面積佔大部份的都市環境而言，濕度調節機制和蒸發散熱的效果大幅度的降低。這是造成都市高溫化、乾燥化的主要原因之一。

目前主要研究結果指出，都市熱島的發生對於人類的生活及地球的生態無疑是一種不利的現象，而探究其所導致的結果大致有三：

#### 一、都市高溫化：

顧名思義，都市熱島言下之意係指都市猶如一座發熱的島嶼。由於都市區域普遍的存在太陽反射率低，也就是冷卻率低的實體，因此都市吸熱比遠遠超過放熱比，在這種大氣失衡的情況下，都市氣溫因此不斷地向上攀升。

#### 二、都市內空氣污染情形加重：

「煙霧」是常伴隨著都市熱島效應而發生的現象。當煙霧發生時，都市的能見度降低，此時空氣污濁，濃霧增多，影響飛機的起落及汽車的行駛。除了煙霧的發生外，「塵罩」也是經常發生的現象。這些煙塵和落塵微粒也含有危險的有毒物質。空氣污染的情形都將直接影響居民的健康。

#### 三、能源的消耗：

由於都市氣溫不斷攀升，人類便大量使用放熱量大的空調設備，除了導致都市的高溫化現象更為嚴重外，大量使用空調設備使得人類對電力的需求也急遽增加，促使地球的能源大量地被消耗。

綜觀上述，都市熱島效應已是國際上共通的問題，而且也是目前重要的研究環境議題之一。此現象對於都市居民的生活品質、身體健康以及地球環境皆有不利的影響。



## 2-3 熱平衡相關理論

### 2-3.1 人體熱平衡模式

穩態能量平衡為早期熱舒適相關理論基礎，在穩態的熱環境中，人體與環境之間存在熱交換平衡：

$$M - W - C - R - E = 0$$

$M$  = 人體能量代謝產生熱 ( $W/m^2$ )； $W$  = 人體所做的機械功 ( $W/m^2$ )； $C$  = 人體外表面向周圍對流散發的熱 ( $W/m^2$ )； $R$  = 人體外表面向周圍幅射散發的熱 ( $W/m^2$ )； $E$  = 人體皮膚與呼吸蒸發所帶走的熱 ( $W/m^2$ )。

丹麥大學教授 Fanger (1982) 更進一步將舒適度的研究調查與能量平衡關係建立一完整的理論模式，明確指出人體的熱舒適性受到環境中的溫度、風速、空氣濕度、平均幅射溫度，以及人體的活動量和著衣量影響。

### 2-3.2 人體熱適應模式

人體穩態熱平衡代表人對自然環境的調節能力，而人體對於熱感覺也會因為心理上的適應調節、生理上的習慣適應及行為上的採取行動而改變。心理調節，是根據個人過去生活習慣經驗及對環境期望而改變心理上的適應程度；生理調節，是藉由先天遺傳適應或後天養成適應而調節；行為調節，是藉由個人有無意識地採取改善本身的行為。上述三項調節方式，將改變對熱環境的期望值，進而改變舒適範圍、中性溫度及喜好溫度...等熱感覺。

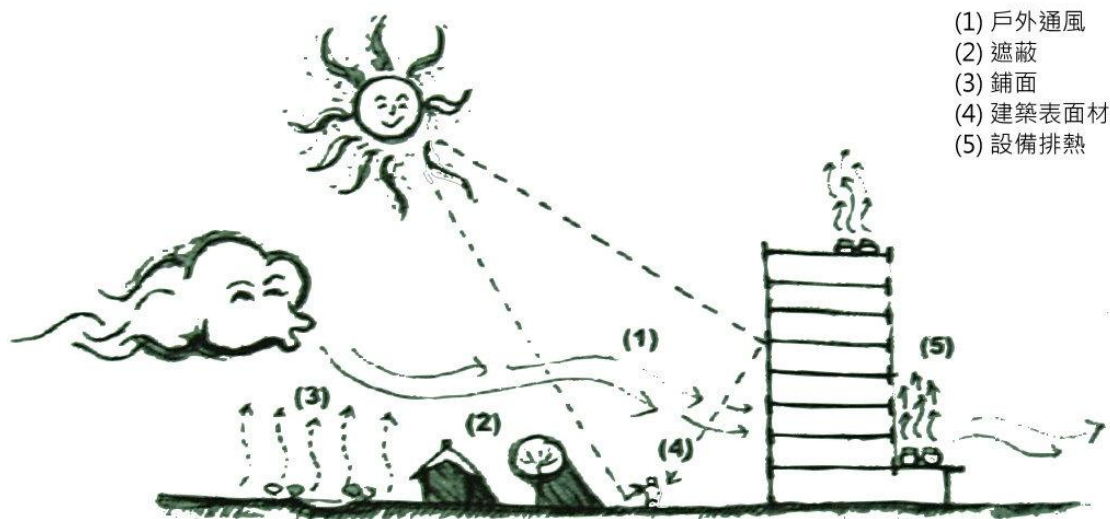
熱適應模式 (Adaptive Model) 是基於對熱舒適調查，在世界各地區大量現場實測結果，顯示不同地區環境下的民眾對熱舒適的偏好，會深受當地天候影響，因此，在不同地區皆受當地種族、天候條件及生活方式...等差異所影響，對熱舒適環境皆有不同要求。



### 2-3.3 熱舒適指標

林憲德（2007）「社區微氣候評估初探」一文中所提到：人類在戶外環境中的熱舒適（Thermal Comfort）受到局部微氣候之溼度、太陽幅射及風速的影響。（圖

2.5）人對舒適的評斷是一個認知過程，屬於複雜的反應，當中包括許多物理、生理、心理和其他因素，不同地區的人對於熱舒適會有不同範圍的認知，然而，若從改善人體感官的熱舒適先行著手，讓人能明顯感受到舒適的熱環境，建立良好的都市生活，是短時間上改善都市微氣候最有效且直接的方法。



資料來源：林憲德，2007，「社區微氣候評估初探」，兩岸三地都市微氣候評估研討會論文集，p46

圖 5 戶外熱舒適關係圖

熱舒適性評估指標是熱舒適性研究的重要關鍵，結合了客觀的現場量測所得的實測質，與受測者對當下所處熱環境舒適性的主觀感受。在美國冷凍空調協會（ASHARE）對舒適性的定義為：人體對周遭環境狀況感到滿意（ASHARE Standard 55,2004）；國際標準組織 ISO 7730 所訂熱舒適的定義為：人體對當下所處的熱環境表示滿意時的狀況，需經由詢問當下熱環境使用者的舒適與否（ISO,1994）。

中央氣象局為了讓一般大眾很快可以瞭解天氣的冷熱情況，參考了國外的經驗，利用氣溫將天氣舒適度分為六級指數，詳如表 2.3 所示。

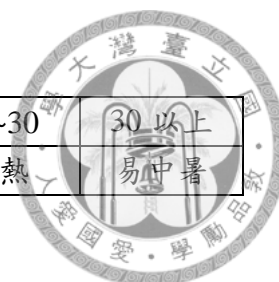


表 3 熱舒適度指標 (中央氣象局)

氣溫(°C)	10 以下	11~15	16~19	20~26	27~30	30 以上
舒適度	非常寒冷	寒冷	稍有寒意	舒適	悶熱	易中暑

綜合溫度熱指數 (Wet Buld Glode Temperature, WBGT) 被美國職業安全研究所 (NIOSH)、美國政府工業衛生專業人員協會 (AGGIH)、國際標準組織 (ISO) 等單位建議採用，也是我國現行法規採用的評估方法。目前各國建立了不同的熱舒適評估指標，主要多為室內環境評價，對於戶外熱環境之研究，並無統一國際通用的標準來評估，主要原因為戶外熱環境被認為比室內熱環境空間較不易被營造或控制 (林子平，2007)。

至今主要應用之熱舒適評估標準有 PET、PMV、ET\*、SET\* 等，分別說明如下：

#### 1. PMV、PPD

PMV (Predicted Mean Vote) 指標為 1970 年代初期，Rohle 與 Nevine 針對 1600 名大學生進行調查，將溫度、濕度、性別及熱暴露長度與舒適度之間建立統計相關性。該項調查將冷熱主觀感覺劃分為七個等級 (表 2.4)，並得到暴露於一給定環境中受測者根據主觀感覺所選擇等級的平均值，此即為『預測平均投票』。但據 2004 年研究結果，PMV 僅限於室內空間為使用對象，並不適用於戶外及半戶外的使用 (鄭明仁，2008)。

表 4 PMV 建立指標之冷熱等級

等級	主觀感覺
+3	熱 (hot)
+2	溫 (warm)
+1	微溫 (slightly warm)
0	舒適 (neutral)
-1	微涼 (slightly cool)
-2	涼 (cool)
-3	冷 (cold)

資料來源：ISO 7730

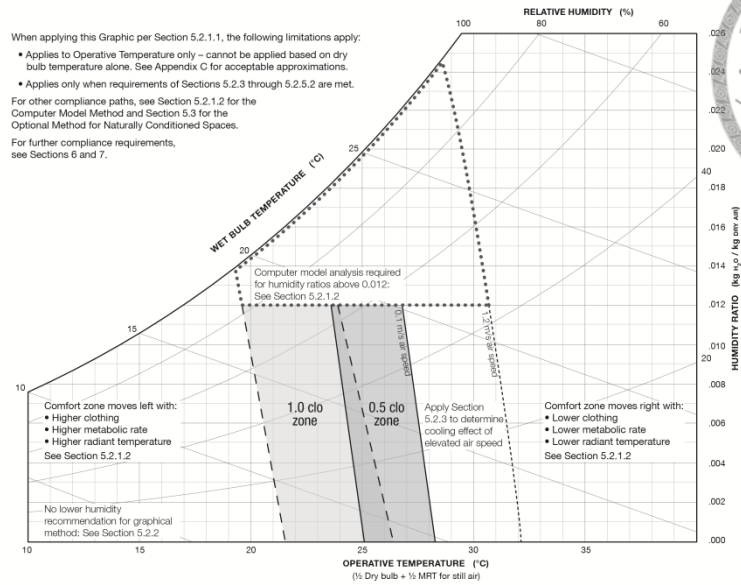
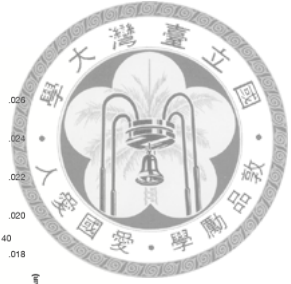


## 2.ET\*、SET\*：

早期 Houghten 與 Yaglou 曾提出純經驗的有效溫度(effective temperature,ET)指標,考慮溫度、濕度與風速等的綜合效應,其定義為:當環境相對濕度為 50% 時,與真實環境中具相同皮膚散熱的溫度。美國冷凍空調協會 (ASHRAE) 所建議的舒適區 (comfort zone) 即以 ET\*配合相對濕度與絕對濕度而定義。

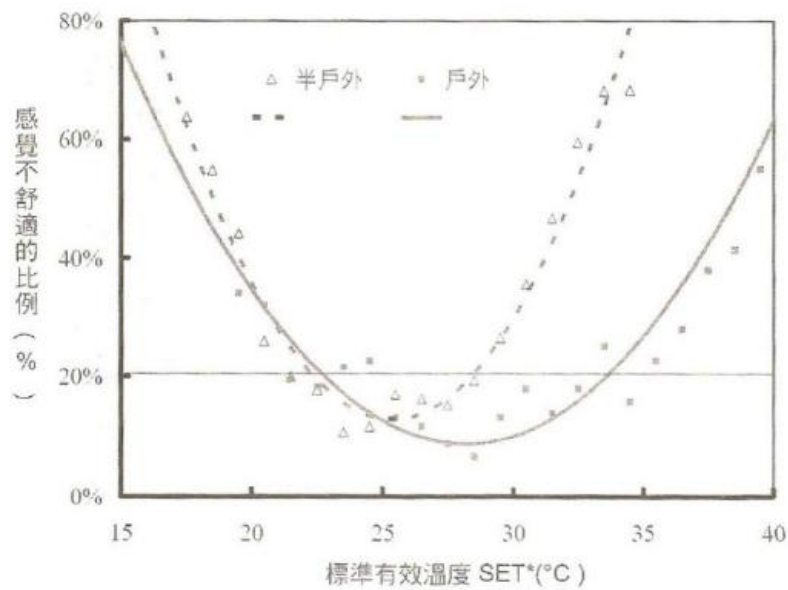
SET\* (Standard Effective Temperature) 舒適指標檢測值是綜合人體對於溫熱環境反應之指標,於大量試驗證實之後,被美國冷凍空調協會 ASHRAE (採納並廣泛應用,其標準有效溫度用於空氣調節實務之指導,現今被日本廣為運用,他綜合考慮了溫度 (Air Temperature)、相對濕度 (Relative Humidity)、平均輻射溫度 (MRT)、風速(Wind Velocity)、人體新陳代謝率 (Activity) 及衣著 (Clothing) 等六個主要參數,在美國冷凍空調協會之「舒適圖」 (Comfort chart) 上以座標劃分舒適區所表示之一組曲線 (圖 2.6)。

以柯本氣候分類方式而言,台灣位於熱帶雨林氣候區以及溫帶濕潤氣候區之間,以夏天室內溫度 26°C 及 60% RH 之室內設計條件,較符合節能又能提供使用者舒適之條件。林子平 2007 年針對台灣室內、半戶外及戶外空間進行 9000 多份之問卷調查,並歸納出台灣半戶外、戶外可接受之 SET\*範圍值,其中半戶 SET\* 外為 22.9 ~ 27.6 °C,戶外 SET\*為 23.0 ~ 33.1°C (圖 2.7)。



資料來源：ASHARE Standard 55-2010

圖 6 ASHARE 的舒適曲線



資料來源：林子平，2007，熱溼氣候區戶外熱舒適接受範圍與環境設計對策，兩岸三地都市微氣候

評估研討會論文集，p77~82

圖 7 半戶外及戶外熱舒適性接受範圍



### 3.PET

PET (Physiologically Equivalent Temperature, 生理等效溫度) 指標的定義是指空氣溫度在人體能量平衡的條件下，戶外複雜的環境，會相當於典型無風速無日照下的室內溫度 (Höppe,1999；引自 Lin,2009)。計算 PET 則需包含空氣溫度、相對濕度、平均輻射溫度和風速等數據，也必須隨著性別、年齡、身高、體重、著衣量和活動量 (Thprsson 等,2007；Lin,2009；Tseliou, Tsiro, Lykoudis, & Nikolopulou, 2010)。Matzarakis, Rutz, 與 Mayer (2007, 2010) 建立之 RayMan 模型，可將戶外的熱環境物理參數與人體參數 (空氣溫度、相對溼度、風速、日射、雲量、反射率、著衣量、代謝量等) 進行整合換算成 PET 數值。Tseliou 等 (2010) 表示熱感覺指標 (THI) 風寒指標 (K) 以及生理等效溫度 (PET) 三項指標在從事熱舒適指標研究中，PET 指標預測真實熱感覺投票中，優於其他兩項指標。因此從事熱舒適性研究採用 PET 指標是可行的。(引自黃英哲，2011)

本研究 PET 之計算是採用 Matzarakis 等開發的 Rayman 模型，來進行換算。將各實測點的經緯度、調查日期、時間、空氣溫度(Ta)、平均輻射溫度(MRT)、相對濕度(RH)、風速(V)、衣著量(CLO)、代謝量(MET)等必要因子輸入 RayMan 後，即可計算各 PET 值。本軟體曾用於戶外熱環境之研究，因此本研究認為此軟體可用此研究中。

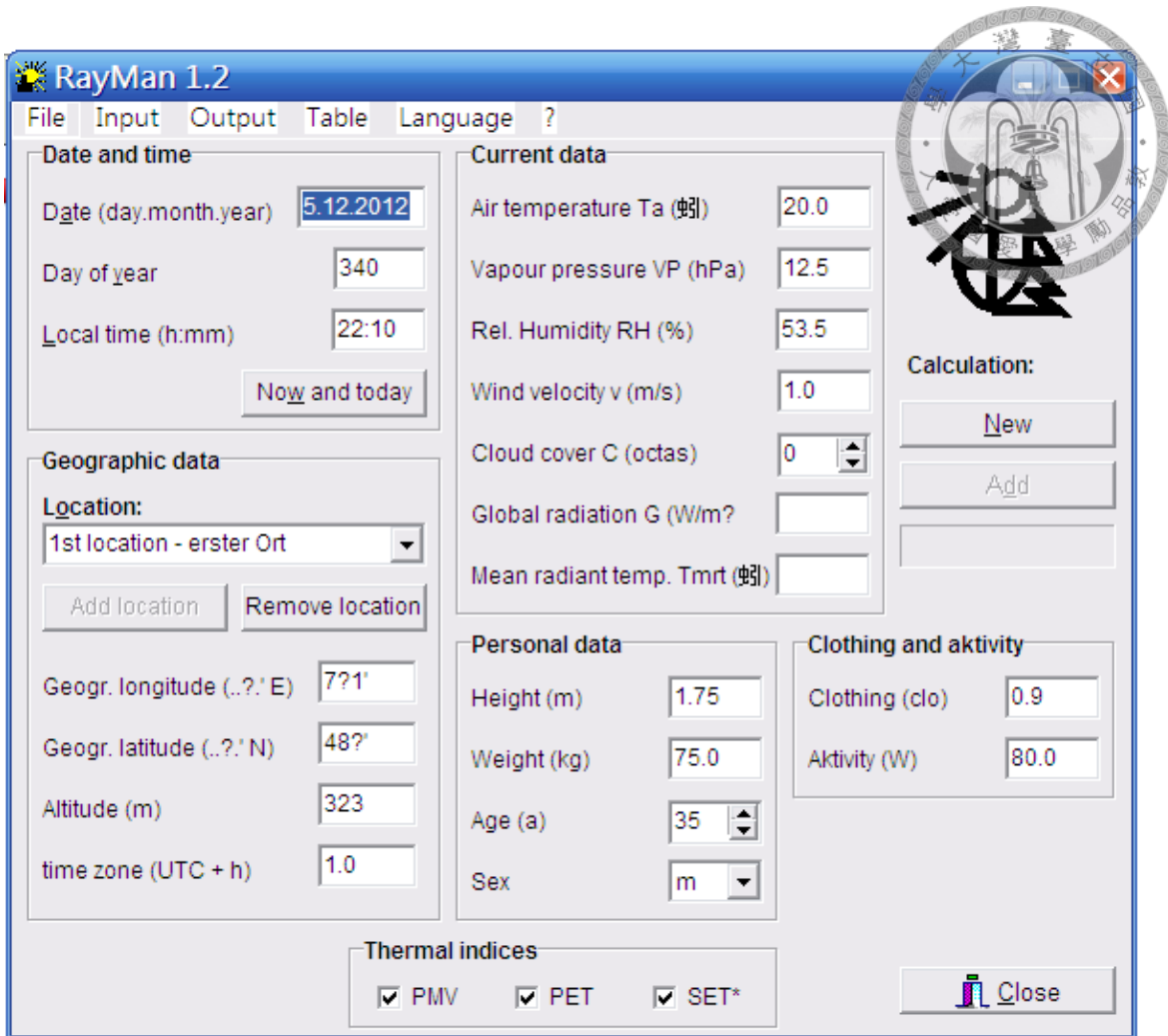


圖 8 Rayman 模型操作介面



## 2-4 國內外熱島效應文獻

由於熱島效應對熱環境舒適性與空調設備使用存在著極大的影響力，因此各研究單位爭相投入研究，其測溫方式以「固定式監測法」、「衛星遙感探測法」、「移動測溫法」和「電腦模式模擬」等四種方法，文獻中因其目的不同，採取之測量方式也不盡相同，說明如下：

表 5 熱島效應研究分析表

研究方法	文獻名稱/作者/年代	內容摘要
固定式監測法	楊文杉，2011 土地利用型態與都市微氣候關係之環域分析研究—以台中市為例	在台中市以環狀分佈十二個不同測點，於七月至十一月進行氣溫及濕度的定點量測。將測點周圍土地利用組成分為五種型態進行量化，與所得氣候監測資料比較，探討其關聯性。並以氣象站資料為參考值，歸納微氣候與土地利用型態關係趨勢，作為預估地點溫度的參考。
	陳品光，2006 水田植栽對微域溫度之影響	利用農業氣候儀器，觀測休耕地在水稻生育期間不同地表上、下高度、不同時間與不同生育階段的溫度變化，以及同一時間天氣的物理量。分析結果顯示水田區溫度變化較一般休耕田來的穩定，對地表的微域溫度確實達到降溫。
	Luke Howard之調查研究，1833	調查發現在都市晚上是比鄉村晚上熱，而都市白天比鄉村白天冷，進而題出「都市熱島效應」理論。
衛星遙感探測法		透過遙感衛星探測測量工具為基礎，探究台北都會區之熱島效應強度，以及不同地表土

		地利用型對於區域地表溫度之影響。證實森林用地與農業用地在都市環境中提供降溫效果，道路則為提供升溫效果。
衛星遙感 探測法	周天穎，2010 台中市都市熱島效應與土地覆蓋影響之研究	運用光學遙測影像探討台中市地表覆蓋對熱島效應空間分佈區位之影響。以大氣參數簡化地表溫度反演模型反演地表溫度變化情況，配合氣象站實測資料進行精度檢核。研究結果顯示人為開發與地表覆蓋的改變，是造成都市微氣候溫度變化的主因。
	孫振義，2007 運用遙測技術於都市熱島效應之研究	採用FORMOSTAT-2與ASTER衛星遙測影像進行都市島之研究。研究發現地表溫度與常態化差異植生指標(NDVI)呈現負相關、與地表不透水率及人工構造物比例呈現正相關，證實適當增加都市綠化或降低地表不透率、人工構造物比例將有助於減緩都市熱島效應。
	鄭婉純，2004 都市土地使用與都市氣溫關係之研究－台中地區之實證研究	利用NOAA衛星之AVHRR影像取得溫度資料並配合各項土地使用之資料進行分析。研究發現，都市土地使用對於都市氣溫之影響在冬天較為明顯；公共設施用地與住商混合用地對都市氣溫具有增溫效果。
移動測溫 法	張簡士彥，2009 都市熱島效應改善之基礎研究－熱物理性質對表面溫度之影響	透過步行移動觀測觀測校園及機車移動觀測小型鄉鎮。觀測分析證明人造鋪面材質與植栽的密度對氣溫影響有較大關係。

	徐正杰，2003 都市環境的綠化與透水效果對於微氣候之影響－以花蓮市區為例	在花蓮市街頭進行微氣候的量測，比較綠化及透水與否的微氣候差異。實證了花蓮市區夏季高溫化的現象，惟綠化與透水能直接有效的緩和夏季高溫天氣。
移動測溫 法	孫振義，2003 台南地區都市熱島研究	以汽車移動觀測台南縣市十五個鄉鎮市，實測數據配合基礎資料進行比對分析。研究指出氣溫低的天候條件下都市熱島效應會更顯著；人口數低於三萬人且平均人口密度低（3~4人/公頃）的城鎮，亦會產生顯著的熱島強度。
	郭柏巖，2000 都市公園微氣候觀測解析	以步行及機車移動觀測台南市公園綠帶及孔廟文化園區之周圍公園進行溫濕度觀測。研究指出每增加10%的綠覆率，在夏季夜晚可以有效降低整體區域0.17~0.22°C。
	李魁鵬，1999 台灣四大都會區都市熱島之研究	以機車移動觀測法完成、台北、台中、台南、高雄等四大都會區熱島觀測實驗，並進行熱島影響因子分析，以及提出都市島改善對策。觀測結果可知都市大型綠地與園道對於緩和都市熱島效應具有影響；台南與高雄受海陸氣候影響極大；台北和台中受益地地型影響，都市熱島強度較大。
電腦模式 模擬	許弘逸，2012 都市熱島退燒策略效益分析－以台北市民族西路周邊為例	藉由現況調查與基地風、溫度場模擬，找出範圍內熱島退燒潛力區，並分別提出退燒策略進行改善效益模擬，比對各個退燒策略與現況，提出本區熱島退燒策略之施行建議。

	<p>李洋毅，2006</p> <p>綠化型態對都市熱島效應 影響效果之研究</p>	<p>藉由不同綠化型態的使用下，以測量溫度變化與周邊土地用的關係程度。利用數據資料針對不同綠化類型提出影響的迴歸公式，搭配地理資訊以3D-GIS視覺化模擬出空間內綠化型態影響範圍。</p>
	<p>仲崇毅，1989</p> <p>熱島效應之數值模擬</p>	<p>主要探討在一平板上不均勻分佈之溫度對流場流況之影響，由二維Navier-stokes方程式、能量方程式來描述流場，配合K-ε模式以解決閉合問題。</p>



## 2-5 戶外熱環境文獻

國內在戶外熱環境的研究，大多與都市熱島相關，研究區域範圍內的微氣候變化、不同鋪面材質及水域對熱環境之影響；而在熱舒適度之研究，多以研究室內熱舒適度，近年因休閒、遊憩等活動發生在戶外空間的機會越來越大，對戶外熱舒適度也越趨重視，這類的研究整理如下表：

表 6 戶外熱環境分析表

文獻名稱	作者/年代	內容摘要
不同遮陰形式下戶外空間溫熱環境舒適之研究—以公車候車亭為例	<a href="#">黃淑靜</a> /2012	研究在不同遮陰材質下的，台中市公車候車亭熱環境來做為主軸，研究內容主要分為熱環境現場實測及問卷調查，分析各公車亭的溫熱環境情形與受測者熱感受的現象，提出台灣中部都會區的熱舒適接受範圍。
熱舒適性對鄰里公園活動行為之影響	<a href="#">劉肇沛</a> /2012	研究鄰里公園於不同冷熱溫度環境下進行不同活動之使用者，對戶外熱舒適度的實質感受。結果發現，當綜合溫度熱指數(WBGT)越低，遮蔭下使用者活動人數越少，當綜合溫度熱指數(WBGT)越高，遮蔭下使用者活動人數越多。
熱濕氣候地區戶外遮蔭環境熱舒適準則之建構	羅仁豪 /2012	研究期望以室內與戶外熱舒適相關之研究經驗，以氣候因子量測與熱感知問卷同步實驗進行田野調查，檢視都市戶外熱環境、熱舒適與熱適應之議題，並藉由中性溫度、喜好溫度與熱

		接受範圍來釐清民眾使用上的氣候感知與要求，如此才能確實建構戶外熱舒適之標準。
都市綠園道環境熱舒適與使用者調適行為之研究-以台中市經國綠園道為例	吳芊菁 /2011	研究目的在於瞭解都市綠園道環境熱舒適對使用者調適行為之影響。研究內容分為(1)不同季節之綠園道環境熱舒適對使用者調適行為與人數空間分佈之影響；(2)不同空間類型之綠園道環境熱舒適對使用者調適行為與人數空間分佈之影響；(3)不同季節與空間類型之綠園道環境熱舒適對使用者調適行為與人數空間分佈之影響；(4)兩季總合之綠園道環境熱舒適對使用者調適行為與人數空間分佈之影響。
水域空間對周圍環境之熱舒適影響研究	譚政泓 /2010	探討水域空間對於環境熱舒適度之影響。分析結果，受測者會因測點不同對於環境熱舒適度而有所差異，且距離水域空間愈近對於舒適之感受愈明顯。
都市公園微氣候對使用者熱舒適度影響之研究	林晏州 /2008	本研究之主要目的在於瞭解都市公園微氣候變化對於使用者熱舒適度之影響，並同時探討個人特性對於熱舒適度之影響，研究結果證實都市公園內不同環境配置所產生之微氣候差異對

		於使用者之熱舒適度感受具有顯著影響。
學生在校園戶外環境熱舒適實測研究以-台中市中學為例	嚴仕傑 /2009	研究以台中市地區中學的學生為主要實測對象進行戶外熱環境的並分為全遮蔭與無遮蔭進行調查，以問卷調查及儀器實測紀錄二者同時進行研究，結果分析，發現中性偏涼的環境較受到受測者喜好，戶外環境受測者主觀認為植物對於戶外環境熱舒適有著非常重要的影響性，最期待以自然植栽的方式來改善戶外環境；在資料統計當中。s
戶外環境熱舒適性之研究 —以工、商業區為例	林益崧 /2009	主要調查台中市之工業區及商業區。研究方法參考ASHRAE Standard 55與ISO7730以做現地實測與問卷調查，將實測結果分成不同使用分區、遮蔭狀況及男女性別做分析，採用敘述統計、迴歸分析各項熱舒適感受，並論述之。
夏季戶外空間熱舒適性之研究 -以台南縣市、高雄市戶外空間為研究對象	莊家梅 /2008	故本研究以現地實測的方式，針對戶外及半戶外空間進行其日射量、濕度、風速、空氣溫度、黑球溫度、建築表面溫度、鋪面表面溫度與遮罩表面溫度的量測，以瞭解影響戶外及半戶外空間溫熱舒適性之相關因子，更

		進一步藉由複迴歸分析提出未來於戶外及半戶外環境之設計參考。
校園戶外環境熱舒適之研究-以大學、小學為例	李建鋒 /2008	研究以台中市地區大學和國小為對象，進行戶外熱環境之全遮蔭、無遮蔭的監測，以主觀問卷資料和客觀實地量測之方式同步進行熱環境調查。於戶外環境使用者直接感受中，發現植栽對於戶外熱環境之重要性。於熱感覺與熱期望值中，推論校園戶外環境使用者期望有個中性偏涼之戶外熱環境。
台北都市氣候特徵及其熱舒適度評估--以士林、萬華、古亭、松山為例	黃柔嫻 /1999	探討都市空間環境與其氣候環境，以及人體熱舒適度評估。研究項目有：空間環境、氣候環境以及人體熱舒適度。氣候環境以溫度、濕度以及風速等氣象因子為範圍，輔以空間環境的土地利用型態、都市營建結構作討論；人體熱舒適度則以所獲得之溫度、濕度以及風速資料，進行舒適度評值的計算。

## 第三章 農村熱島效應探討



### 3-1 調查方法

#### 一、熱島效應探討

一般用來觀測都市與郊區地區溫度分佈的方法有四種（歐陽嶠暉，2001）：

##### （一）固定式監測法（meteorological station records）

固定式氣象監測站的量測為連續式或半連續式自動記錄。為考慮氣象觀測站的代表性與客觀性，所以其架設位置多半位於不受人為活動影響的地方。利用自動測溫儀器自動觀測測溫站之溫度，進行都市與周圍鄉村溫度間差異之研究（Jauregui, 1997；Figuerola, 1998）。

##### （二）移動測溫法（auto-traverse measurement）

在移動式交通工具上架設溫度量測裝置，於都市中進行移動觀測。利用機車配置自動量測紀錄器（data logger），依台灣四大都會區台北、台中、台南及高雄之都市規模大小，分別以機車團隊同時進行研究區域之觀測實驗（林憲德、李魁鵬等,1999）。則將都市規劃出九條移動的路線，在這九條移動路線中一共設置了 170 個觀測站，用以觀察都市之微氣候(Deosthali, 2000)。

##### （三）衛星遙感探測(remotely sensed thermal data)

利用 NOAA 衛星上所搭載的高解析度輻射計（advanced very high resolution radiometer, AVHRR）進行地面溫度的觀測，所探測得到的都市與市郊地表面三個紅外窗區頻道的幅射強度，轉換為亮溫，再將亮溫與數個地面氣象測站得到的地表溫度或空氣溫度，予以迴歸，最後再利用所得到的亮溫與空氣或地表面溫度之關係方程式，將亮溫轉換為都市與郊區之地表面溫度或空氣溫度。

其觀測不受移動觀測法時間差的影響，唯觀測時段受限於衛星運轉軌道及角度的關係，觀測時間比較無彈性，且受雲層影響。利用衛星來評估都市之熱島效應(Gallo, 1995)。利用 NOAA 衛星之 AVHRR 來觀測德州休士頓之空氣氣溫結構(Streutker,



2003)。

(四) 電腦模式模擬 (computer modellings)

使用電腦模式模擬仍須上述其他觀測方法資料的輔助，進行電腦模式的建立與基本參數估計，以及模式的驗證。利用三維模式模擬都市環境和熱島發展情形(Saitoh et al., 1995; Troude et al., 2001; Lemonsu and Masson, 2002; Luhar and Hurley, 2003; Fan and Sailori, 2005; Sarrat et al., 2006)。

表 7 不同都市熱島監測法的比較表

方法	操作方式	優點	缺點
固定式監測法	固定式氣象監測站的量測為連續式或半連續式自動記錄。	操做簡單方便且具有同步性。	無法真正反映人為因素影響氣溫的部份。
移動測溫法	在移動式交通工具上架設溫度量測裝置，於都市中進行移動觀測。	活動自由觀測時間彈性。	缺乏同步性且蒐集歷年的溫度資料具有困難性。
衛星遙感探測	利用衛星上所搭載的高解析度幅射計進行地面溫度的觀測。	可對地球進行大範圍的分析，歷年氣溫資料取得容易且具同布性。	易受雲氣及水氣影響以及資料取得費用高昂且影像分析需特別技術。
電腦模式模擬	利用三維模式模擬大氣環境。	可節省適當的調查人力與資源且可彌補測站不足。	仍須配合實施觀測值作模擬。

綜合以上測量方式，本研究採用固定式水平分佈觀測法，以定點測量方式進行實測，為求實測數據之一致性，將儀器設置在 PVC 塑膠管上相同的高度以進行觀測，以蒐集測點完整的氣象資料，以分析各項氣候參數平均值、最大值及最小值之間的差異，以及相關影響區域情形，進一步探討測點周圍土地利用情況與都市微氣候關係。



### 3-2 儀器架設與配置

#### 一、儀器設備

影響微氣候的變化因素包括空氣溫度及相對濕度，本研究實測儀器之選用是依實測所需之因子作為考慮，相關研究於儀器選用皆使用輕便和可長時間記錄之記錄器；本研究選用儀器為 ONSET U23-002 溫濕度感測器進行實測，其溫度觀測範圍-40~70°C，精確度 0.02°C，準確度±0.2°C，相對濕度為 0~100%，精確度 0.03%，準確度±2.5%，電源供應為鋰電池，內建記憶體可記錄 42000 筆數據(表 3.2)，儀器皆符合 ISO 7726 規範測量儀器之標準(表 3.3)。在數據下載使用 HOBO BASE-U-4 多功能 USB 介面光學式讀取器，將數據讀取下載至筆記型電腦進行數據分析。

表 8 戶外熱島強度研究實測儀器介紹表

儀器名稱 / 型號	儀器照片	功能	實測項目
溫濕度感測器 ONSET U23-002		可記錄戶外及室內溫度及濕度。	空氣溫度 相對濕度
BASE-U-4 光學讀取器		可讀取溫濕度感測器數據。	

表 9 ISO 7726 規範測量儀器之標準

參數	量測範圍	準確度	反應時間
空氣溫度 (Ta)	10~40°C	基本要求：±0.5°C 理想要求：±0.2°C 以上基準在 $ T_{mrt} - T_a  = 10^\circ\text{C}$ 實，應確定符合要求	即時反應

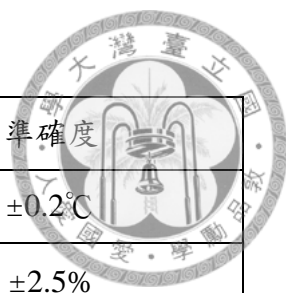


表 10 儀器設備規格

儀器名稱	項目	量測範圍	精準度	準確度
U23-002	氣溫	-40 ~ 70°C	0.02°C	±0.2°C
	濕度	0 ~ 100%	0.03%	±2.5%

二、實測前準備

在進行實測儀器架設前，本研究是先進行儀器的誤差較正準備工作，校正工作設定以每一分鐘紀錄一筆數據，紀錄時間為24小時，總計每台儀器紀錄1440比溫度數據。校正同時將儀器全數放置在通風良好的地區並將儀器排列在一起，以減少系統誤差。最後將數據下載至電腦，進行個儀器之最大值、最小值、平均值之計算。校正後數據顯示如下表圖。

表 11 HOBO 自計式溫濕度計溫度校正值

溫度計編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	校正實驗範圍
溫度校正值(C)	-0.03	0.04	0.02	0.02	0.08	-0.15	0.02	0.05	0.02	-0.06	0.00	19.2C-22.2C
濕度校正值(%)	0.71	-0.24	0.36	-1.01	-1.29	-0.85	-1.12	-0.98	-0.81	2.98	2.24	55.%-65.7%

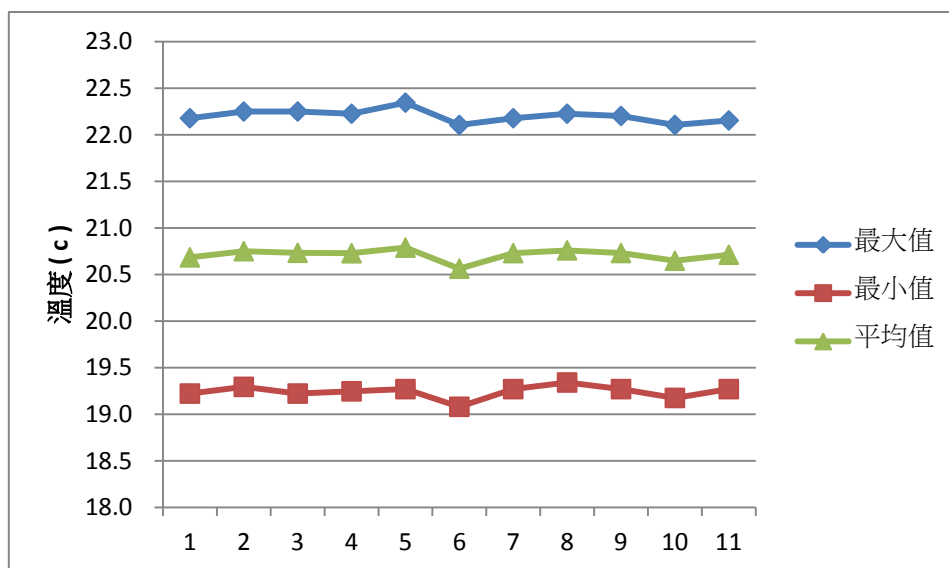


圖 9 實測儀器溫度差異較正數據圖

### 三、實測數據選定原則

本研究實測挑選原則為連續二日晴天且實測開始未來一周天氣預報為無下雨日方為進行監測，實測日期102年2月3日至102年2月5日，102年3月15日至102年3月18日，102年4月13日至102年4月19日，102年5月2日至102年5月10日，102年6月7日至102年6月14日。共計27天的有效實測資料來做分析，實測期間有效數據以每一分鐘記錄一筆溫度資料，又將氣溫數據每一小時進行平滑處理減少系統誤差。





### 3-3 調查地點

日治時代學者富田芳郎曾提出兩篇文章《臺灣的農村聚落型態》、《臺灣鄉鎮之研究》，作者將台灣南北的主要聚落型態，以濁水溪為界檢視平原面的臺灣農村聚落型態，可以看出南北兩地有極為顯著的差異。北部方面雖免不了有少數例外，但大致上是屬於散居型 (scattered villages type)，而南部則以集居型 (compact villages type) 為多。

本研究為探討於南北不同居住型態對土地利用型態對於農村微氣候的影響。由 google 地圖顯示，嘉義縣義竹鄉埤前村(圖 3.2)為一集居型農村社區及新北市三芝鄉共榮社區(圖 3.3)為一散居農村社區，社區住宅多為傳統三合院並無過多的集合住宅，社區外為農田亦無工廠污染。

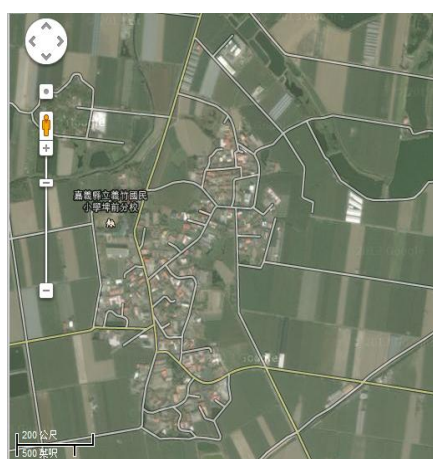
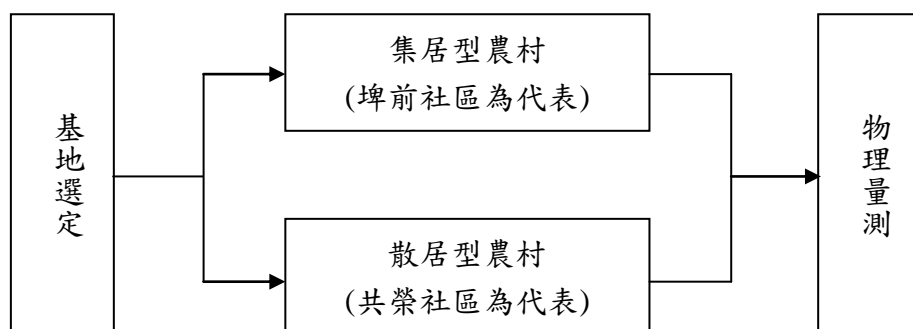


圖 10 義竹鄉埤前村現況位置圖

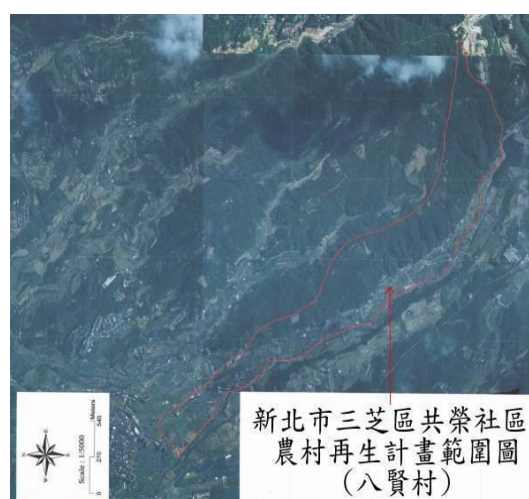


圖 11 共榮社區農村再生計畫範圍圖



### 3-3.1 埤前村介紹

#### 一、地理位置

義竹鄉位置濱臨海埔，位於嘉義縣西南邊界，與台南縣相接，處於八掌溪與朴子溪之沖積平原上，面積 7929.25 公頃，全鄉共有 22 個村，農耕面積為 4663.41 公頃，實施都市計畫面積 1615 公頃，其餘皆為非都市計畫區。埤前社區位於義竹鄉中央位置，北邊與龍蛟、東光村，東為傳芳村，西邊平溪村，南與頭竹村為界，面積為 418.2 公頃，全區無山脈、丘陵，為單純之平原，地勢平坦，地面高程自東北往西南方向緩降(南北向坡度為 1/400，東西向坡度為 1/900)，地面高程約在海平面上 5~7 公尺之間，如圖 3.4 所示



圖 12 義竹鄉埤前村所在位置圖

#### 二、環境氣候

本社區所處緯度較低，氣候上屬副熱帶季風氣候與熱帶季風氣候的過渡帶，平均相對溼度為 80%，常年溫度介於 16.2~31.2°C 之間，一般均在 24.6°C 左右，以月平均溫度分析，則以一月 17°C 平均氣溫最低；七月平均溫度為 29°C 為月平均最高溫，如表所示。



表 12 埤前社區相對溼度比較 (1979-2008)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
相對溼度	79%	79%	79%	80%	81%	82%	81%	82%	80%	79%	78%	78%

資料來源：經濟部自然環境資料整合供應倉儲系統

表 13 埤前社區每月平均溫度比較 (1979-2008) (單位：℃)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高溫	28	29	31	32	33	34	34	34	34	32	30	29
最低溫	7	7	10	14	18	21	23	21	20	17	12	8
平均溫	17	18	21	23	26	28	29	28	27	26	21	18

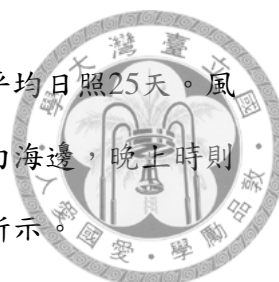
資料來源：經濟部自然環境資料整合供應倉儲系統

本社區雨量主要受季風及地形二個因素支配，冬季乾旱，夏季多雨，平均降水量為1636.55mm，雨量之分配大多集中於夏季，且乾濕季分明。雨季自每年三、四月迄八、九月，而以六、七、八月三月降雨量，約佔全年降雨量60%，如表所示，此乃由於六至八月之西南季風、熱雷雨(西北雨)、颱風雨盛行之故。十月以後則因東北季風盛行而進入乾旱期，甚至有全月零降雨之現象。如表所示。

表 14 埤前社區平均降雨日數及降雨量統計表

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降雨日 (單位：日)	3	5	5	6	8	10	9	11	6	1	1	2
降雨量 (單位：mm)	19	46	52	97	149	298	284	203	207	198	169	163

資料來源：經濟部自然環境資料整合供應倉儲系統



埤前社區年平均日照時數180小時，平均降雨天數為6天，平均日照25天。風向方面，夏季受到地形關係白天陸地溫度較高，風向由地面吹向海邊，晚上時則正相反；冬天受到大陸冷氣團的關係，風向多為東北風。如表所示。

表 15 埤前社區日照時數表較（單位：小時）

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日照時數	162	139	164	163	178	184	229	203	207	198	169	163

資料來源：經濟部自然環境資料整合供應倉儲系統

### 三、農村熱島量測佈點原則

本研究主要分析各土地使用型態對區域內微氣候影響之相關性，並建立評估相關氣候參數方程式，因此將觀測點範圍縮至局部範圍土地，釐清控制測點周圍環境的影響變數。以分析影響微氣候之主要參數，確定影響農村微氣候的主要因素。



圖 13 埤前社區測點分布圖



表 16 A 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	23.27%	0.00%	58.22	18.44%		13.47%	0.00%	84.41%	22.12%

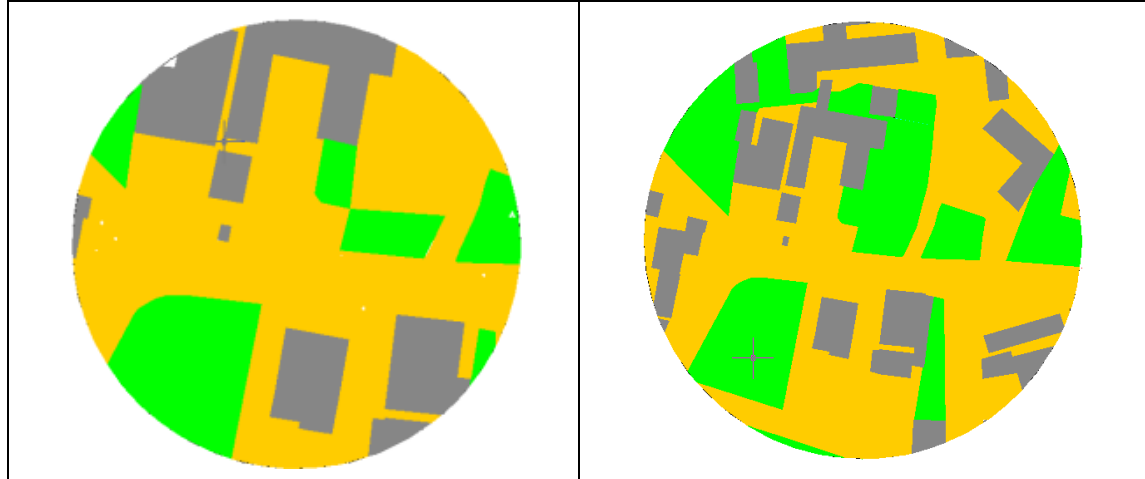




表 17 B 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地		建築物	水域	人工鋪面	綠地
		40.87%	0.00%	50.28%	8.85%		19.57%	0.00%	56.06%

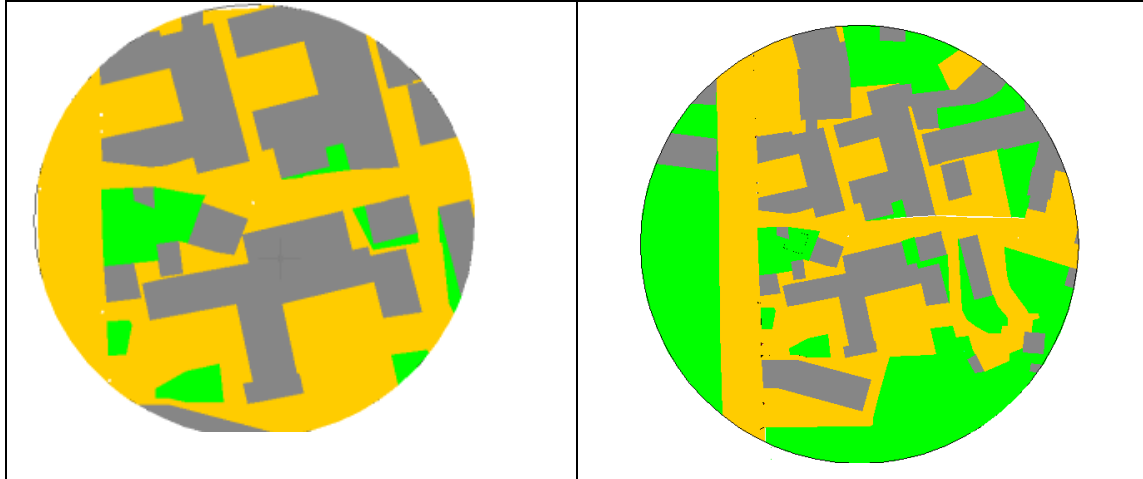




表 18 C 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	39.24%	0.00%	23.89%	36.87%		22.71%	0.00%	30.16%	47.13%

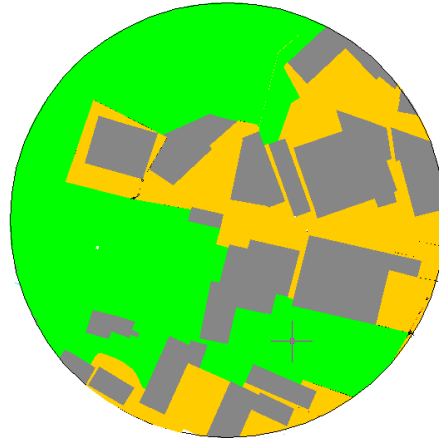
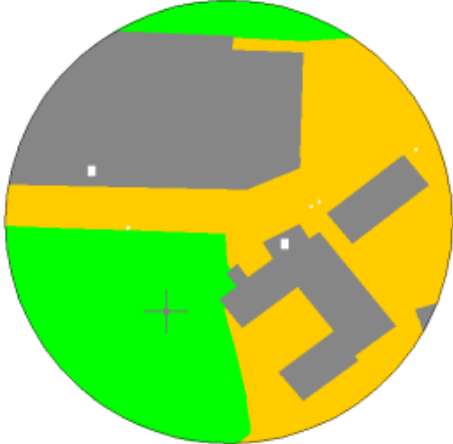





表 19 D 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工 鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工 鋪面	綠地
	37.70%	0.00%	36.37%	25.94%		18.42%	0.00%	46.17%	34.51%
















表 20 E 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	10.33%	24.16%	47.86%	17.65%		11.25%	6.95%	39.42%	42.38%

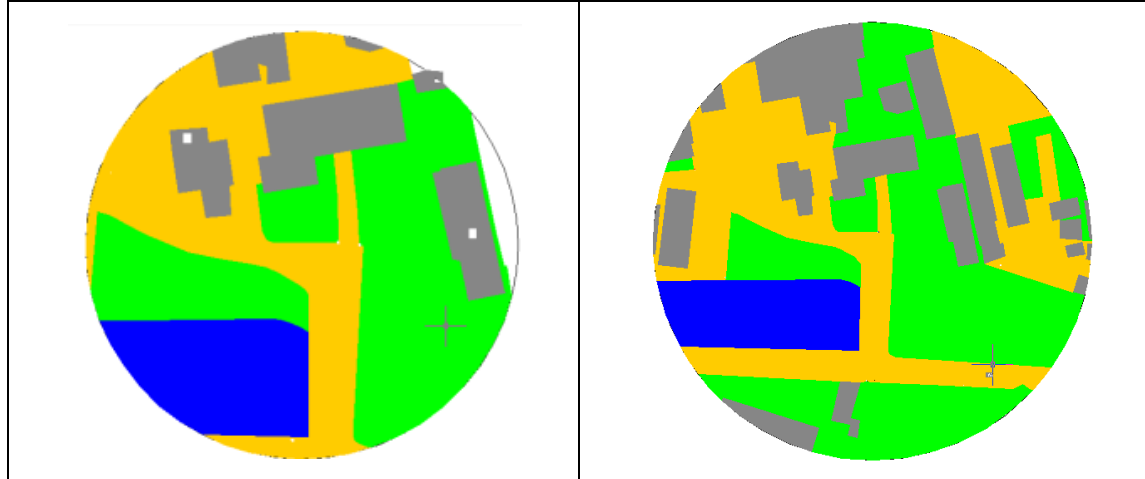




表 21 F 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	43.83%	0.00%	34.31%	21.85%		22.12%	0.00%	57.15%	20.73%

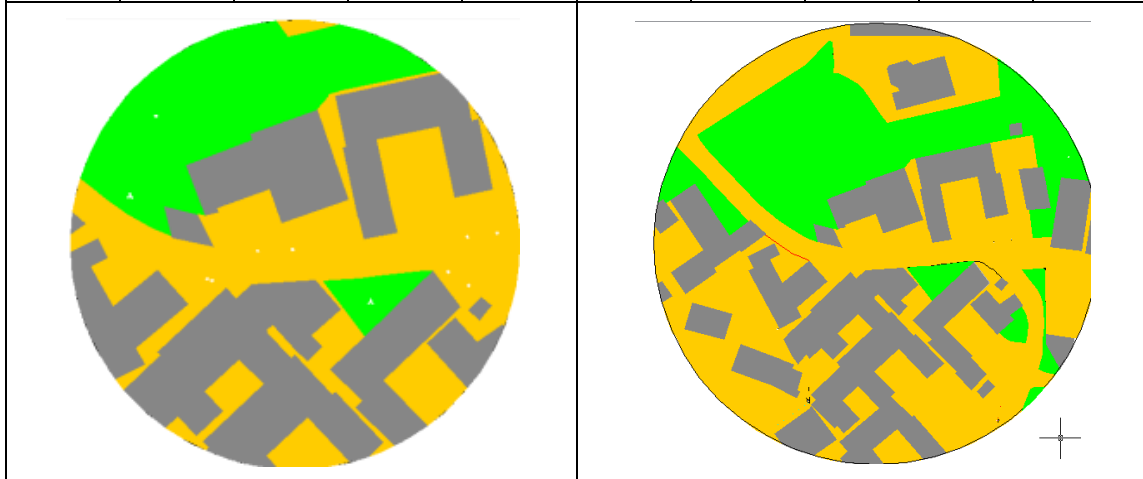




表 22 G 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	30.07%	0.00%	52.98%	16.95%		19.63%	0.00%	63.13%	17.24%

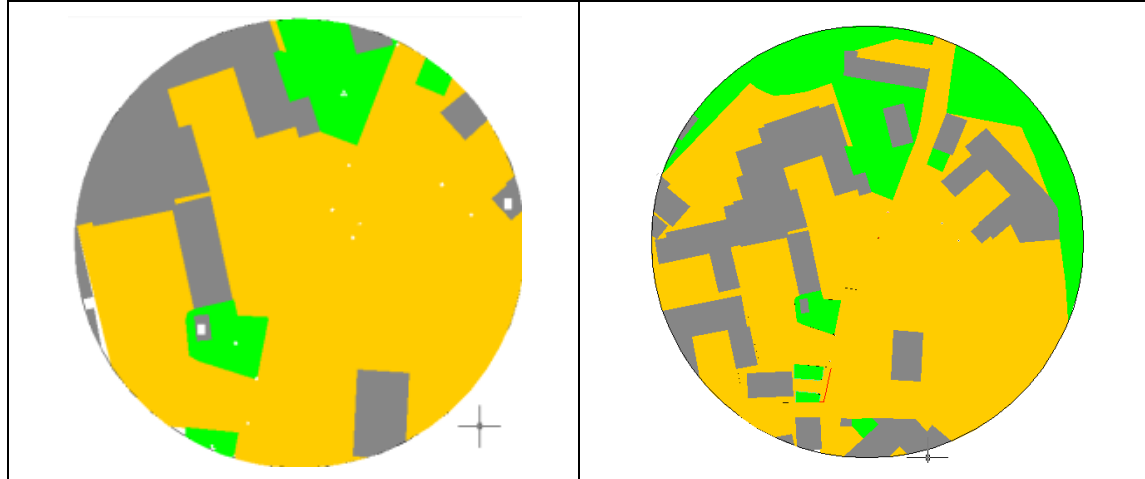




表 23 H 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	13.42%	18.99%	28.23%	39.36%		17.24%	11.22%	37.32%	34.22%

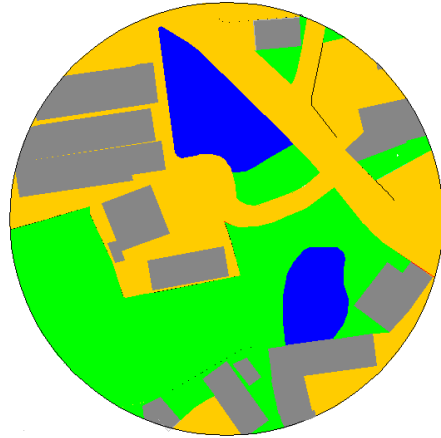
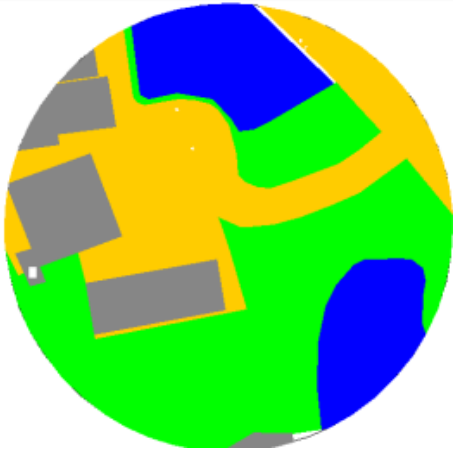




表 24 I 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	31.36%	0.00%	32.68%	35.95%		13.25%	4.26%	39.12%	43.37%

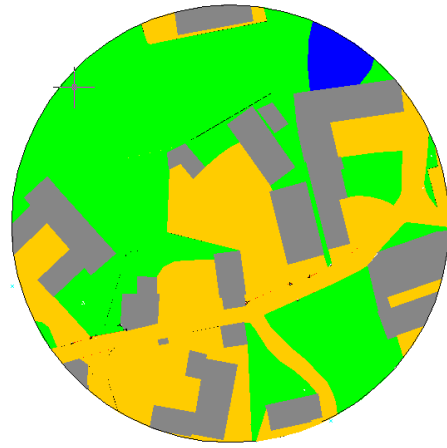
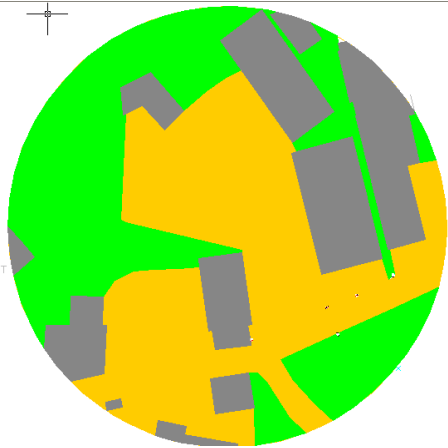




表 25 J 測點位置土地組成及現況圖

30M	建築物	水域	人工鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工鋪面	綠地
	6.96%	43.20%	24.72%	25.12%		6.98%	18.25%	32.51%	42.26%

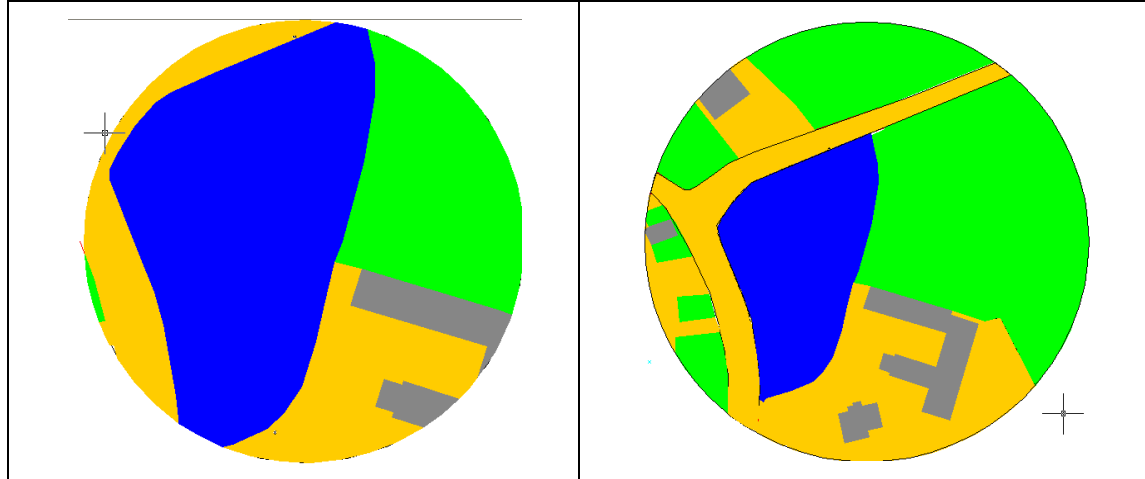










表 26 K 測點位置土地組成及現況圖 (最低溫度測點, 背景溫度)

30M	建築物	水域	人工 鋪面	綠地	50M	建築物	水域	人工 鋪面	綠地
	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



### 3-3.2 共榮社區介紹

#### 一、地理位置

三芝鄉位在台灣北海岸，屬於台北縣偏遠區域。北朝向台灣海峽，南邊與大屯山脈連接，東西兩側為丘陵地形。大部份為農業使用的山坡地保育區。西側緊鄰淡水鎮，東側連接石門鄉（如圖）。共榮社區八賢村（如圖 35），是三芝鄉的地理中心點，位於都市計畫區外圍，距離三芝都會區兩公里。大部份為山谷地理環境，有天然溪流、山坡地、農田等三軸線自然資源，居民以務農為主，是典型農村社區型態。土地面積 2.1019平方公里。



圖 14 北市三芝區的位置

#### 二、環境氣候

八賢村受海洋氣候影響顯著，每年冬天與初春是雨季，因雨季較長，多雨潮濕，影響農業生產甚巨。夏天受太陽西曬的光害，住家溫度高。年平均溫度約界於 $16.6^{\circ}\text{C}\sim 22.2^{\circ}\text{C}$ 間；平均濕度 約為 $82\%\sim 90\%$ ；平均風速則在 $2.6$ 公尺 / 秒至 $3.7$ 公尺 / 秒之間。每年9月至翌年4月之風向以東北向居多。



### 3-4 分析方法

#### 3-4.1 土地型態定義

透過文獻回顧與整理，將影響環境微氣候的因子分為「自然因素」與「人為因素」兩大類。「自然因素」包含風速、降雨、日照等。而「人為因素」涵蓋範圍包含各農村組成要素較為複雜，如建築物密度、建築構造、鋪面材質、農田面積、農田使用行為、人口數量等。農村微氣候的變化與人為開發有著密切的關係。本文中主要針對各地點的土地使用組成對於微氣候的影響，而土地的鋪面形式大致分為兩類「硬鋪面」與「軟鋪面」兩個部分。

在調查中將影響因子分為四種型態進行定量解析，期望能在複雜的氣溫變化與農村元素中得到合理的解釋。進而對農村土地使用型態和農村微氣候之中能有瞭解。

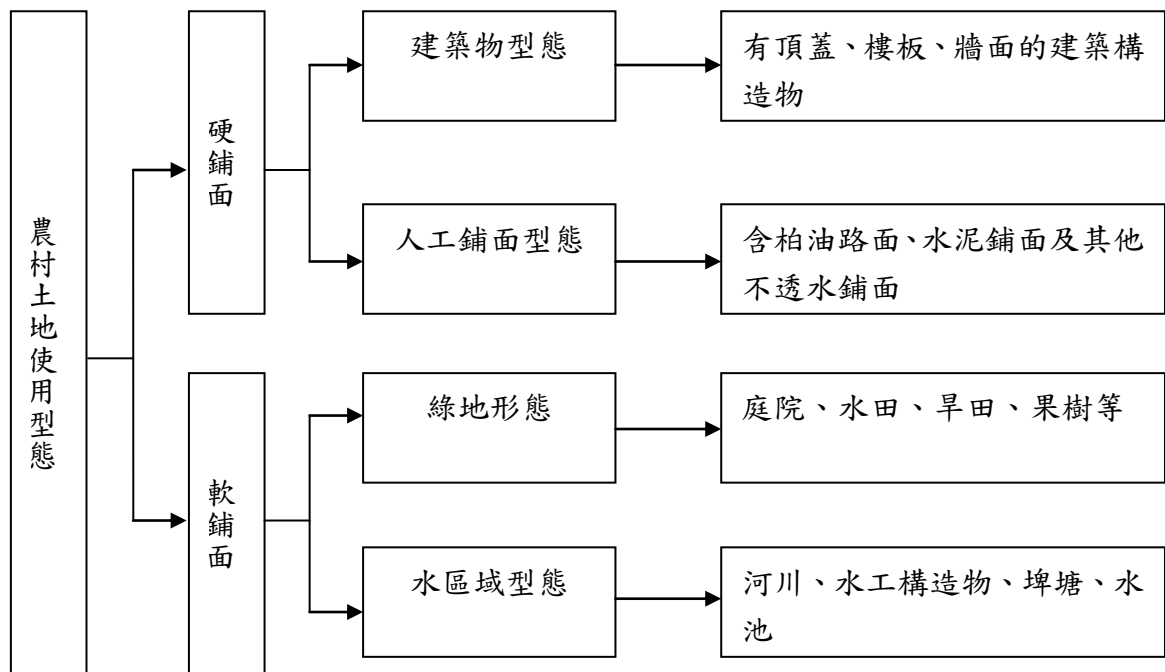


圖 15 土地使用型態因子分類圖



### 1. 建築物型態

包含所有有頂蓋、樓板、牆面之建築構造物，從國內外文獻中顯示，建築物型態因構造物內容具有較高的蓄熱性，且易造成空氣流通不易、容易聚熱，對氣溫的影響呈現增溫的效果。

### 2. 人工鋪面型態

包含道路的柏油路面、混凝土鋪面、水泥鋪面及其他不透水鋪面等。從國內外文獻中顯示，人工鋪面皆具有較高的熱容量，容易蓄積熱量，雖然鋪面上方空氣流通性佳，但影響地表的蒸散作用，對微氣候影響呈現增溫效果。

### 3. 綠化行型態

包含庭院草坪、水田、旱田、果樹等，從國內外文獻中顯示，植物的蒸發作用有助於調節環境之溫度及濕度，對微氣候影響呈現降溫效果。

### 4. 水區域型態

包含河川、水工構造、埤塘等，在有關微氣候文獻，相關實測研究中顯示，水的比熱大且具有較大含熱量，有助於保持恆溫，水的蒸發作用將吸收周遭空氣及地表之熱量，對微氣候影響呈現降溫效果。

## 3-4.2 相關性分析

本研究為釐清各土地使用型態在微氣候下是否有關聯，進行相關性分析以確定研究土地使用型態因子的正確性。

土地使用型態分析包含在空間分析範圍，而空間分析除了一般邏輯運算外，還包含圖形資料的分析處理，大致可分為環框分析 (Buffer)、疊圖分析 (Overlay) 以及網路分析 (Network) 等幾個重要的分析本研究採用環框分析。

### 一、單因子變異分析

在只有一個預測變數的情況下，可利用單因子變異數分析 (one-way ANOVA 或 single-factor ANOVA)，單因子變異數分析是用一種分類標準來區分觀測值，並



且檢定這一個分類標準是否對觀測值有顯著的差異。相關性分析的目的在於探討兩變數間的相關程度，相關係數 (coefficient of correlation) 之值介於-1 與+1 之間。若相關係數成正值表示兩變數間呈現正相關，亦即其中之一變數數值增加，會導致另一變數之數值隨之增加；反之，若相關係數為負值則代表兩變數呈現負相關，即其中之一變數之數值會導致另一變數減少。

由皮爾森 (Pearson) 相關係數分析，可獲得各種土地覆蓋對地表溫度的影響。其係數之絕對值若為「1.00」，表示自變數與應變數間，呈現完全相關；係數之絕對值若為「0.70~0.99」，表示自變數與應變數間之關聯誠度為高度相關；係數之絕對值若為「0.40~0.69」，表示自變數與應變數間為中度相關；係數之絕對值若為「0.10~0.39」，表示自變數與應變數間呈現低度相關；係數之絕對值若為「0.10 以下」，表示自變數與應變數間關聯程度為微弱相關。

在此研究中，使用軟體對土地使用型態組成進行量化數據資料與測點微氣候參數實施迴歸統計，並進行環框分析半徑 30 公尺。

## 二、複迴歸分析

本研究使用複迴歸分析的目的是了探討不同土地使用型態的組合與微氣候的關係趨勢，以作為預估地點氣溫的參考。

進行複迴歸分析目的在於探討數個獨立變數（或稱預測變數）與一個依變數（或稱應變數）間之關係，其迴歸方程式如下所示：

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_nX_n$$

此式中 $A_0$  為常數項， $A_1$  為變數  $X_1$  的迴歸係數、 $A_2$  為變數 $X_2$  的迴歸係數...。通常迴歸線為表示獨立變數 $X$  最能夠預測出依變數的數值，但實際上很少有預測式可以達到完全準確無誤，其觀察值的與預測值的會有些許偏離，而其偏離值稱為「殘差」 (residual)，亦即殘差 = 觀察值 - 預測值，殘差值越小時表示預測愈準



確，通常殘差變異與Y 變異之比值會介於0~1 之間，習慣上定義判定係數  $R^2 = (1 - \text{殘差變異} / \text{Y變異})$ 。舉例來說，倘若 $R^2 = 0.75$ ，則表示Y 值有75% 的變異可被X 值解釋，但有25% 的變異未被X 值解釋。最理想的情形是解釋的變異愈多愈好，即 $R^2$  值越高表達模型擬合資料越好。

在複迴歸式中，每個獨立變數與依變數間的關係被假設是線性的，但實際上這種假設可能需要進行確認，只要沒有產生非常嚴重的偏離，此複迴歸式仍可以使用，不過最好是在進行複迴歸分析前先畫散佈圖，最後再利用殘差直方圖或殘差的常態機率圖來檢查殘差的常態性。

最終，所有迴歸分析進行統計推論或建立模型之前，必須檢查統計的基本假設是否相符，如此可確保做出的推論正確性，而所建立的模型也才能用來進行預測。在迴歸分析的基本假設有三項：（1）資料的常態性、（2）共同的變異數、（3）誤差項的獨立性。

首先，資料假設「常態性」為要求給定每一個預測變數X 值後，Y 值的分配具有常態性，而其所謂常態分配的要求，是屬於條件常態分配，及給定X 值後Y 的分配是常態，至於全部（不分X）的Y 值分配是否常態就不重要了。其次，假設變異數的「均質性」，就是不論什麼樣的X 值，Y 的分配變異數都相等。最末，假設誤差項的「獨立性」表示上一個誤差不會影響下一個誤差。

進行檢查工作係利用殘差分析（指資料分析基本假設之驗證及補救措施）繪出殘差圖作為評量的方法；經由殘差分析後發現部份迴歸式之殘差變異圖有某種趨勢存在，則表示簡單的線性迴歸模式不能擬合變數間的關係，便需要再利用非線性迴歸分析來進行修正，以確定模型的合理性與信賴性。



### 3-5 土地組成與氣溫相關性分析

綜合過去文獻回顧與本研究所探討農村社區實際土地利用情況分成建築物、水域、人工鋪面、綠地四大類，利用統計方來進行各觀測土地狀況與熱島溫度相關性解析。

#### 一、冬季土地組成與氣溫之相關性

##### (1). 午夜時段

有表可以發現冬季午夜的時段建築物、人工鋪面對於農村氣溫有明顯之正貢獻，其相關性為中度相關；而水域對於農村氣溫亦有正貢獻，其相關性為低度相關；綠地則有降低農村氣溫的功效，其相關性為中度相關。

##### (2). 下午時段

在冬季之下午時段，建築物對於農村氣溫有明顯之正貢獻，其相關性為高度相關；而人工鋪面對於農村氣溫亦有正貢獻，其相關性為低度相關；水域及綠地則有降低農村氣溫的功效，其相關性為中度相關。

表 27 冬季土地組成與氣溫之相關性

	2013年2月3日 23點39分	2013年2月2日 15點21分
建築物	0.679*	0.746**
水域	0.173	-0.214
人工鋪面	0.550	0.350
綠地	-0.693*	-0.618*

在顯著水準為0.01時（雙尾），相關顯著。\*\*

在顯著水準為0.05時（雙尾），相關顯著。\*

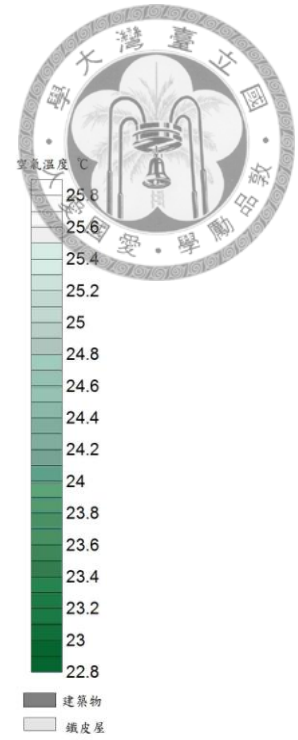
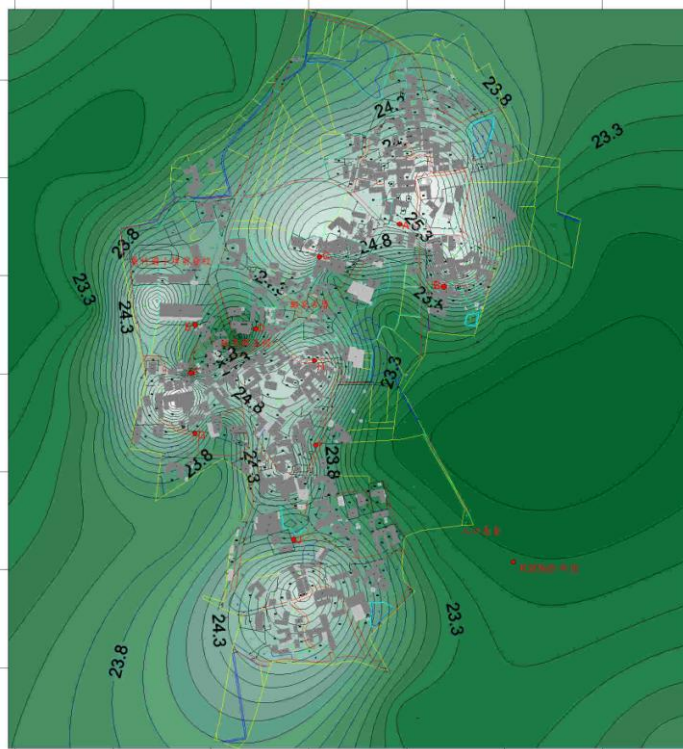


圖 16 2月2日中午 12:00 溫度分布圖

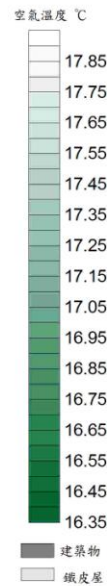
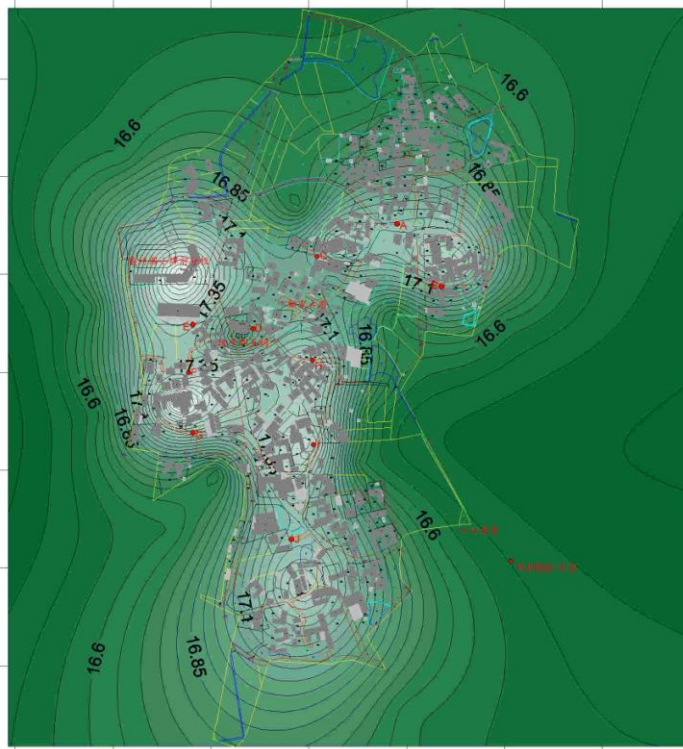


圖 17 2月2日午夜 12:00 溫度分布圖



## 二、春季土地組成與氣溫之相關性

### (1). 午夜時段

有表可以發現春季午夜的時段建築物、人工鋪面對於農村氣溫有明顯之正貢獻，其相關性為中度相關；而水域對於農村氣溫亦有正貢獻，其相關性為低度相關；綠地則有降低農村氣溫的功效，其相關性為高度相關。

### (2). 下午時段

在春季之下午時段，建築物對於農村氣溫有明顯之正貢獻，其相關性為高度相關；而人工鋪面對於農村氣溫亦有正貢獻，其相關性為低度相關；水域及綠地則有降低農村氣溫的功效，其相關性為中度相關。

表 28 春季土地組成與氣溫之相關性

	2013年4月17日	2013年4月16日
	00點02分	13點05分
建築物	0.651*	0.502
水域	-0.194	-0.214
人工鋪面	0.683*	0.350
綠地	-0.864**	-0.377

在顯著水準為0.01時（雙尾），相關顯著。\*

在顯著水準為0.05時（雙尾），相關顯著。\*

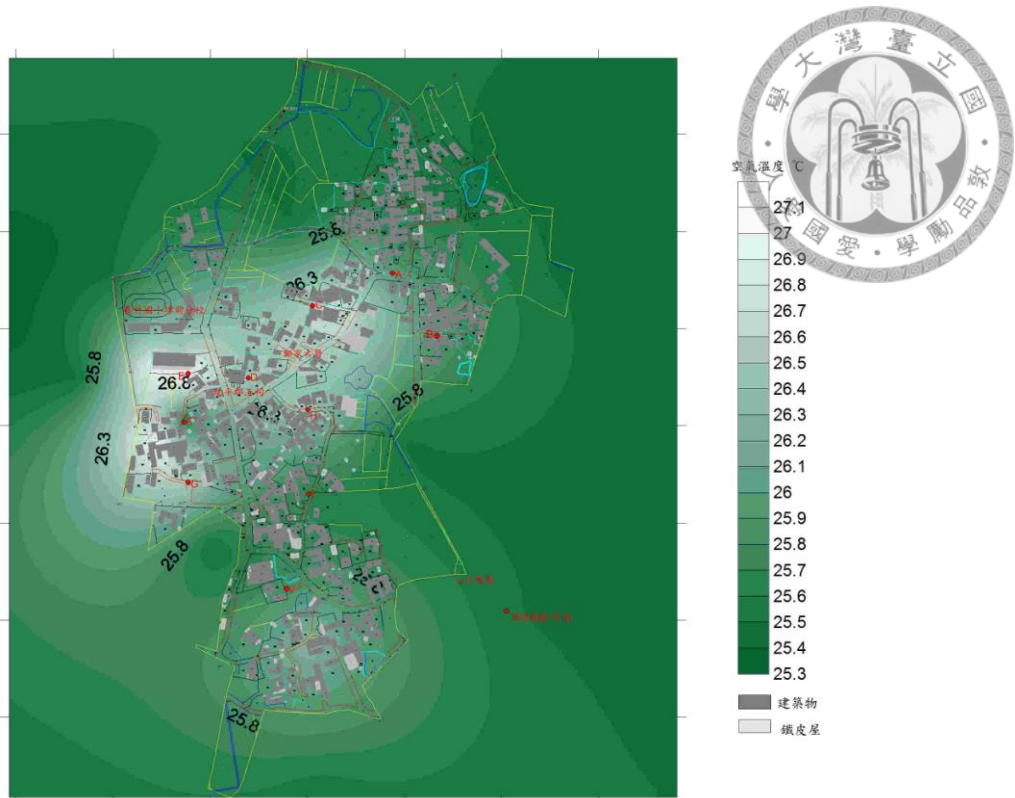


圖 18 4 月 17 日中午 12:00 溫度分布圖

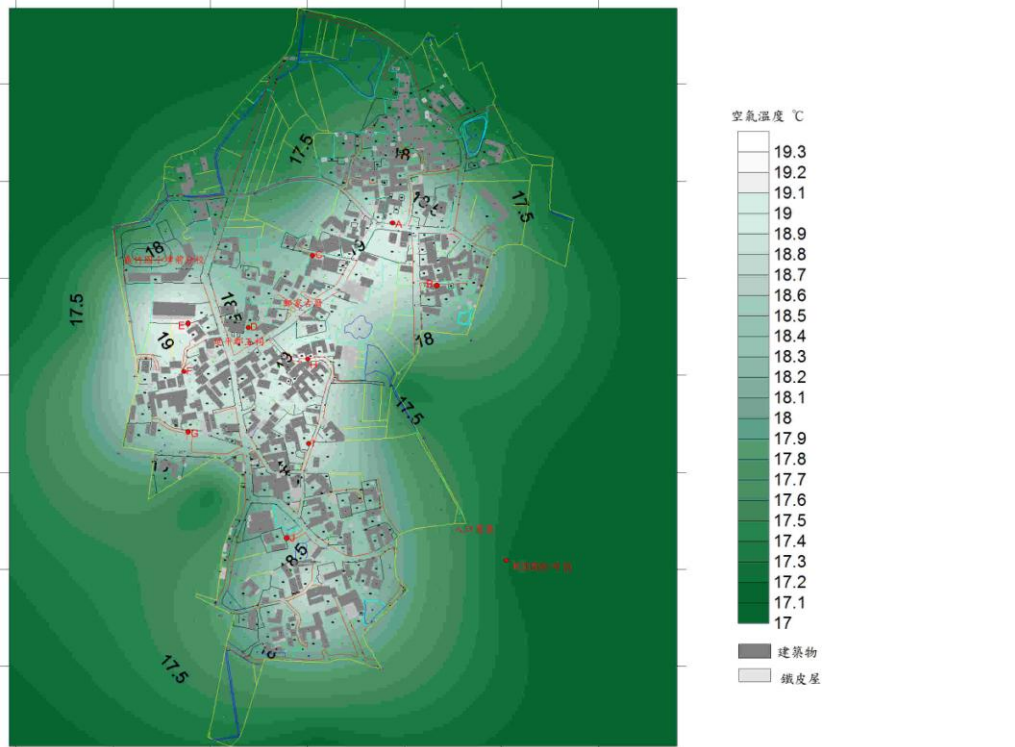


圖 19 4 月 17 日午夜 12:00 溫度分布圖



### 三、夏天土地組成與氣溫之相關性

#### 1. 午夜時段

有表可以發現夏天午夜的時段人工鋪面對於農村氣溫有明顯之正貢獻，其相關性為高度相關；而建築物對於農村氣溫亦有正貢獻，其相關性為中度相關；綠地則有降低農村氣溫的功效，其相關性為高度相關；水域亦有降低農村氣溫的功效，其相關性為低度相關。

#### 2. 下午時段

在夏天之下午時段，建築物與人工鋪面對於農村氣溫有明顯之正貢獻，其相關性為中度相關；綠地與水域有降低農村氣溫的功效，其相關性為中度相關至低度相關程度。

表 29 夏天土地使用與氣溫相關係數

	2013年5月10日 01點21分	2013年5月9日 16點33分
建築物	0.667	0.589
水域	-0.109	-0.167
人工鋪面	0.665	0.461
綠地	-0.824	-0.613

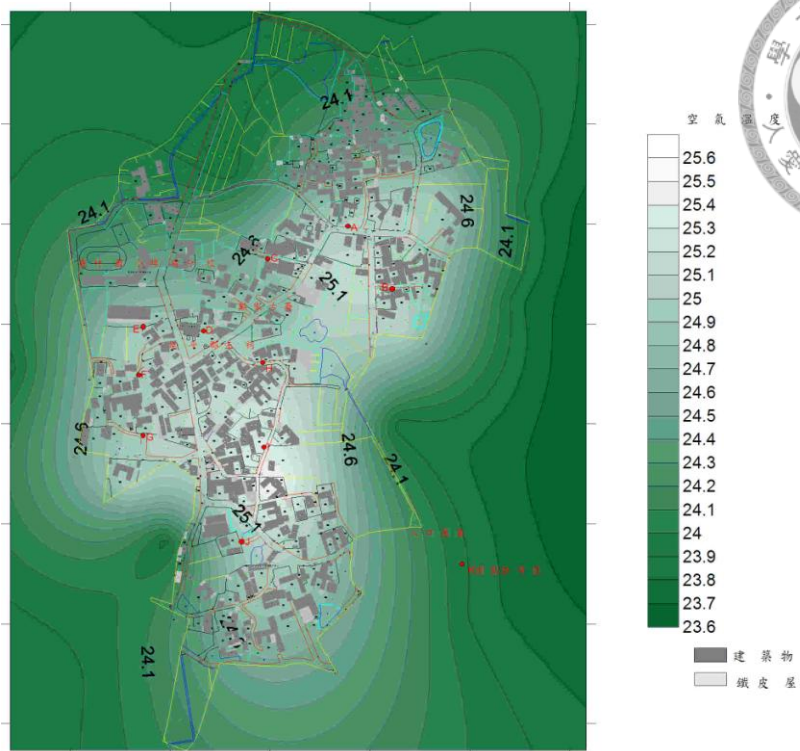


圖 20 5月9日午夜 12:00 溫度分布圖

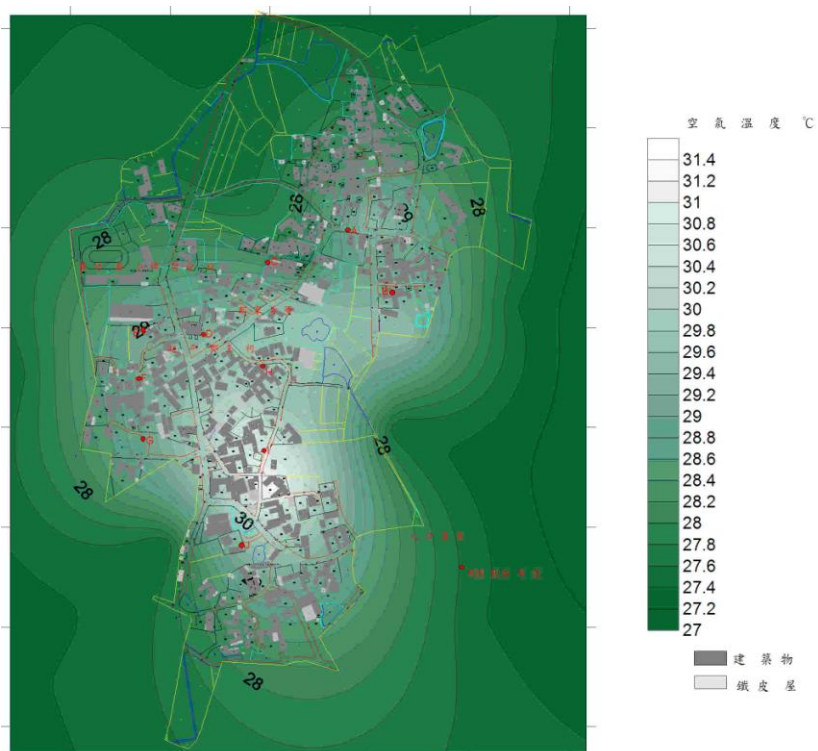
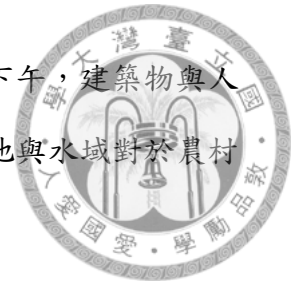


圖 21 5月9日中午 12:00 溫度分布圖

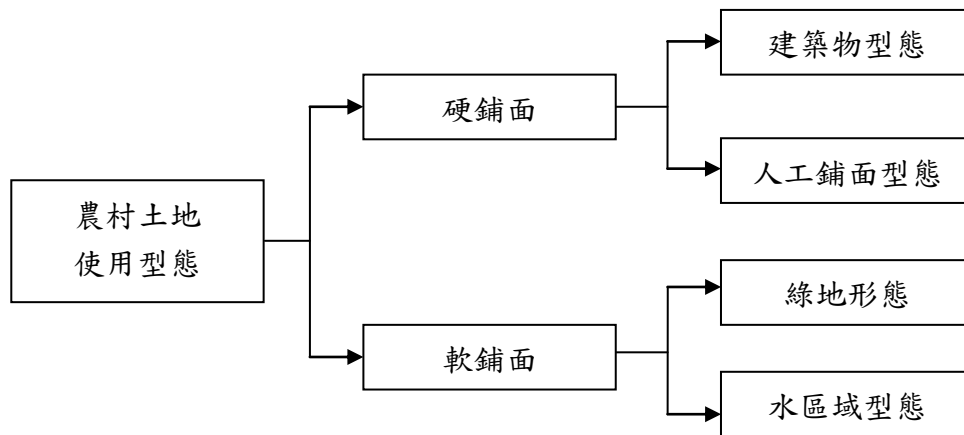
經由上述之分析結果顯示，不論是夏天、冬天或是午夜、下午，建築物與人工鋪面對於農村溫度影響皆為正相關，亦即為有增溫效果；綠地與水域對於農村氣溫之影響為負相關，亦即為有降溫效果。





### 3-6 成果與分析

本小節以整合研究調查成果與實測數據之綜合分析為主。範圍包含測點為圓心進行環框分析，建立農村土地使用型態因子數據資料庫。並以「建築物型態」、「人工鋪面型態」、「水區域型態」、「綠化形態」四項因子量化。透過單因子變異數分析，分析各土地使用組成形態與溫度的關係性、最後將高相關性的變數進一步分析，進行微氣候氣溫之複迴歸分析，並藉由分析帶出相關性方程式，討論微氣候之變化趨勢。



#### 3-6.1 土地使用組成因子的量化

依據文獻整理及評估後，採用固定式觀測法，經由環框分析進行圖面描繪，探討測點區域之微氣候環境，設定以實測點為圓心，並分別以環框半徑30公尺、50公尺範圍分別分析建築物面積、人工鋪面面積、綠化面積及水域面積等四種土地使用型態，量化並建立資料庫，其中過程包含航照圖取得、地圖描繪、面積分析，量化步驟如下：

##### 1. 航照圖取得

利用GIS取得各測點資料



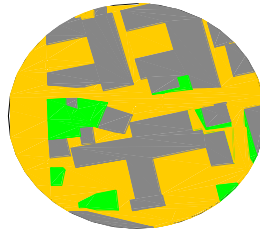
## 2. 地圖描繪

利用CAD進行各實測點土地  
使用類型描繪



## 3. 面積分析

使用CAD進行分析面積  
範圍及所占百分比



在環框半徑 30 公尺內的土地使用型態組成，如表所示。首先依「硬鋪面」、「軟鋪面」來做區分：以 B 點之「硬鋪面」所佔 91.37%最高，A 點、G 點也佔有 81%以上的面積；在「軟鋪面」所佔面積部分，以 K 點所佔 100%為最高（參考溫度基準點），H 點佔 58.35%，J 點、E 點也佔有 41%以上的面積。

依各土地使用型態組成因子統計：在「建築物型態因子」部分，以 B 點所佔 43.83%為最高，F 點佔 40.99%次之，C 點、D 點也佔有 37%以上的面積；在「水域型態因子」以 E 點 24.16%最高，H 點 18.99%次之，J 點 14.70%最末，其餘測點在環框半徑 30 公尺內無水域；在「人工鋪面型態因子」部分，以 A 點所佔 58.22%為最高，G 點、B 點所佔 52.98%、50.38%次之，E 點、J 點也佔有 43%以上的面積；在「綠地型態因子」部分，以 K 點所佔 100.00%為最高，H 點、C 點、I 點、J 點也佔有 34%以上的面積。

表 30 十一個測點土地使用組成形態統計表(半徑 30 公尺)

地點編號	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
土地使用組成(%)	硬鋪面	81.56	91.37	63.13	74.07	58.19	78.14	83.05	41.65	64.04	50.16	0.00
	軟鋪面	18.44	8.63	36.87	25.94	41.81	21.85	16.95	58.35	35.95	49.12	100.00
	建築物	23.34	40.99	39.24	37.70	10.33	43.83	30.07	13.42	31.36	6.96	0.00
	水域	0.00	0.00	0.00	0.00	24.16	0.00	0.00	18.99	0.00	14.70	0.00
	人工鋪面	58.22	50.38	23.89	36.37	47.86	34.31	52.98	28.23	32.68	43.20	0.00
	綠地	18.44	8.63	36.87	25.94	17.65	21.85	16.95	39.36	35.95	34.42	100.00

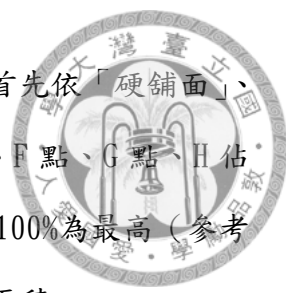


在環框半徑 50 公尺內的土地使用型態組成，如表所示。首先依「硬鋪面」、「軟鋪面」來做區分：以 G 點之「硬鋪面」所佔 82.76%最高，A 點、B 點、F 點也佔有 75%以上的面積；在「軟鋪面」所佔面積部分，以 K 點所佔 100%為最高（參考溫度基準點），J 點佔 60.51%，C 點、E 點、H 點、I 點也佔有 45%以上的面積。

依各土地使用型態組成因子統計：在「建築物型態因子」部分，以 C 點所佔 22.71%為最高，F 點佔 22.12%次之，B 點、G 點也佔有 19%以上的面積；在「水域型態因子」以 J 點 18.25%最高，H 點 11.22%次之，I 點 4.26%最末，其餘測點在環框半徑 50 公尺內無水域；在「人工鋪面型態因子」部分，以 A 點所佔 64.41%為最高，G 點、F 點所佔 63.13%、57.15%次之，D 點、E 點也佔有 39%以上的面積；在「綠地型態因子」部分，以 K 點所佔 100.00%為最高，C 點、E 點、I 點、J 點也佔有 42%以上的面積。

表 31 十一個測點土地使用組成形態統計表(半徑 50 公尺)

地點編號	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
土地 使用 組成 (%)	硬鋪面	77.88	75.63	52.87	64.59	50.64	79.27	82.76	54.56	52.37	39.49	0.00
	軟鋪面	22.12	24.97	47.13	34.51	49.36	20.73	17.24	45.44	47.63	60.51	100.00
	建築物	13.47	19.57	22.71	18.42	11.25	22.12	19.63	17.24	13.25	6.98	0.00
	水域	0.00	0.00	0.00	0.00	6.95	0.00	0.00	11.22	4.26	18.25	0.00
	人工鋪面	64.41	56.06	30.16	46.17	39.42	57.15	63.13	37.32	39.12	32.51	0.00
	綠地	22.12	24.97	47.13	34.51	42.38	20.73	17.24	34.22	43.37	42.26	100.00



在環框半徑 100 公尺內的土地使用型態組成，如表所示。首先依「硬鋪面」、「軟鋪面」來做區分：以 A 之「硬鋪面」所佔 77.59 點、D 點、F 點、G 點、H 佔 63.27 以上的面積；在「軟鋪面」所佔面積部分，以 K 點所佔 100%為最高（參考溫度基準點），J 點佔 71.20%，B 點、E 點也佔有 53.28%以上的面積。

依各土地使用型態組成因子統計：在「建築物型態因子」部分，以 A 點所佔 38.93%為最高，C 點、D 點、F 點、G 點也佔有 30.17%以上的面積；在「水域型態因子」以 I 點 6.01%最高，E 點、F 點、H 點、J 點也佔有 2.41%以上的面積，G 點 0.30%最末，其餘測點在環框半徑 100 公尺內無水域；在「人工鋪面型態因子」部分，以 F 點所佔 39.37%為最高，A 點、D 點、G 點、H 點、I 點所佔 38.66%、33.36%、37.12%、35.44%、34.19%次之，B 點、C 點也佔有 26.52%以上的面積；在「綠地型態因子」部分，以 K 點所佔 100.00%為最高，B 點、C 點、E 點、J 點點也佔有 42.11%以上的面積。

表 32 十一個測點土地使用組成形態統計表(半徑 100 公尺)

地點編號		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
土地 使用 組成 (%)	硬鋪面	77.59	46.72	57.89	63.79	44.37	69.54	67.75	63.27	56.08	28.80	0.00
	軟鋪面	22.41	53.28	42.11	36.21	55.63	30.46	32.25	36.63	43.92	71.20	100.00
	建築物	38.93	20.20	30.37	30.43	18.65	30.17	30.63	27.83	21.39	11.41	0.00
	水域	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	4.10	0.30	2.56	6.01	4.31	0.00
	人工鋪面	38.66	26.52	27.52	33.36	25.72	39.37	37.12	35.44	34.19	17.39	0.00
	綠地	22.44	53.27	42.11	36.21	53.18	26.36	31.95	34.17	38.41	66.90	100.00



### 3-6.2 土地利用與農村熱島之關聯

#### 一、環框分析

將透過各測點環框半徑30公尺、50公尺及100公尺進行環框內土地組成型態分析，運用軟體與微氣候實測數據做迴歸分析，進行土地使用因子的相關性檢定，以了解不同環框範圍內之相關性。環框半徑30公尺內之各測點土地組成型態分佈狀況，如表33所示。

土地使用因子與各環框分析結果顯示，環框 30 公尺、50 公尺呈現相關性較高、環框分析範圍越高其相關性越地、夜間溫度呈現相關性較日間溫度高、而最低溫相關性高於最高溫，另再由各土地使用型態內容顯示，「硬覆蓋區域」大致與溫度間之關係呈增溫效果，「軟覆蓋區域」大致與溫度間之關係呈現降溫效果，「綠地」面積比例越大對農村微氣候溫度呈現降溫效果，「人工鋪面」面積比例越大對農村微氣候溫度呈現增溫效果，「建築物」與「水域」型態較無明顯相關性。

表 33 面積及土地組成分析表

	面積表				土地組成所占百分比			
	建築物	水域	人工鋪面	綠地	建築物	水域	人工鋪面	綠地
A	658.03	0	1484.77	684.63	23.27%	0.00%	52.51%	24.22%
B	1155.68	0	1421.59	250.16	40.87%	0.00%	50.28%	8.85%
C	1099.03	0	660.04	1068.36	38.87%	0.00%	23.34%	37.79%
D	1012.47	0	721.16	1093.80	35.81%	0.00%	25.51%	38.68%
E	1061.29	0	1014.54	751.60	37.54%	0.00%	35.88%	26.58%
F	520.30	366.73	724.10	1216.30	32.70%	0.00%	28.40%	38.90%
G	1235.50	0	1025.65	566.28	18.40%	12.97%	25.61%	43.02%
H	510.61	0	2064.27	252.55	43.70%	0.00%	36.27%	20.03%
I	371.82	0	768.79	1132.21	18.06%	0.00%	73.01%	8.93%
J	275.64	889.54	1272.33	389.92	13.15%	19.62%	27.19%	40.04%
K	0	0	0	2827.43	23.27%	0.00%	52.51%	24.22%

※面積計算單位：半徑 30 公尺為 2,827 平方公尺，為降低地圖圖資轉至 CAD 所造成的比例縮放誤差，面積計算方式由原公制單位轉換成 CAD 半徑 30 公尺之面積比例單位。故面積並無單位，係屬該圖資之土地使用型態之比例單元，而半徑 30 公尺之面積單元為 2,827 個單位=2,827 平方公尺。



## 二、複迴歸分析

各土地使用型態組成因子分項作單因子變異數分析，發現在四項土地利用型態因子中，以「人工鋪面」及「綠地」型態兩者有較高之相關性，「建築物」型態則有輔助性解釋作用，相較於「水域型態」則相關性較為薄弱，由各因子彼此間的交互影響下，尚無法得知土地利用型態與微氣候氣溫間相關性何者為高。因此本研究更透過四項土地使用型態因子共計四項變數與微氣候氣溫參數進一步做多元迴歸分析。

過程中，主要透過逐步回歸的方式，將四項因子分別找出各環域半徑的調查分析資料，發現整體平均以環域半徑30公尺的環域性解釋性最高，因此以下分析主要將針對該半徑的數據資料做分析。而下述的預測方程式中，Bu為「建築物」型態面積比例、Su為「人工鋪面」型態面積比例、Gr為「綠地」型態面積比例、Wa為「水域」型態面積比例。

表 34 30M 預測迴歸公式

環框半徑	時段	預測迴歸方程式				R <sup>2</sup>
30M	中午	$\Delta T = 31.27 - 1.09Bu - 1.06Wa - 1.04Su - 1.06Gr$				0.62
		BU : 0.2281	Wa : 0.1277	Su : 0.0283	Gr : 0.0279	
	夜間	$\Delta T = 13.55 - 0.47Bu - 0.49Wa - 0.48Su - 0.41Gr$				0.67
		BU : 0.1290	Wa : 0.1288	Su : 0.0294	Gr : 0.01735	
	午夜	$\Delta T = 79.47 - 0.27Bu - 0.20Wa - 0.26Su - 0.22Gr$				0.80
		BU : 0.0767	Wa : 0.2765	Su : 0.0277	Gr : 0.02247	

$\Delta T$ 為預測溫度；Bu為建築物面積比例；Wa為水域面積比例；Su為人工鋪面面積比例；Gr為綠地面積比例

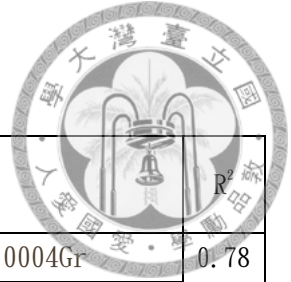


表 35 50M 預測迴歸公式

環框半徑	時段	預測迴歸方程式				R <sup>2</sup>
50M	中午	$\Delta T = 36.22 - 0.0001Bu - 0.0005Wa - 0.0003Su - 0.0004Gr$				0.78
		BU : 0.7093	Wa : 0.1316	Su : 0.0196	Gr : 0.0217	
	夜間	$\Delta T = 30.32 + 0.0002Bu + 0.0001Wa - 0.0006Su - 0.0003Gr$				0.81
		BU : 0.6189	Wa : 0.5621	Su : 0.0558	Gr : 0.0640	
	午夜	$\Delta T = 27.39 + 0.0003Bu - 0.0002Wa + 0.0007Su - 0.0001Gr$				0.78
		BU : 0.3757	Wa : 0.9174	Su : 0.0941	Gr : 0.0198	

$\Delta T$ 為預測溫度；Bu為建築物面積比例；Wa為水域面積比例；Su為人工鋪面面積比例；Gr為綠地面積比例

表 36 100M 預測迴歸公式

環框半徑	時段	預測迴歸方程式				R <sup>2</sup>
100M	中午	$\Delta T = 20.49 + 0.0003Bu - 0.0007Wa + 0.0008Su + 0.0003Gr$				0.54
		BU : 0.2702	Wa : 0.0725	Su : 0.1557	Gr : 0.2021	
	夜間	$\Delta T = 32.93 - 0.0001Bu + 0.0004Wa - 0.0001Su - 0.0001Gr$				0.59
		BU : 0.4812	Wa : 0.8798	Su : 0.0768	Gr : 0.0551	
	午夜	$\Delta T = 30.22 - 0.0008Bu + 0.0005Wa - 0.0001Su - 0.0001Gr$				0.56
		BU : 0.6740	Wa : 0.8339	Su : 0.0763	Gr : 0.0580	

$\Delta T$ 為預測溫度；Bu為建築物面積比例；Wa為水域面積比例；Su為人工鋪面面積比例；Gr為綠地面積比例

## 第四章 戶外熱環境舒適性探討



### 4-1 調查地點

為探討戶外熱環境對於農村微氣候的影響。本研究選定桃園縣龍潭鄉三坑子老街、桃園縣大溪鎮中正老街及新竹縣峨眉鄉北埔老街，社區住宅多為傳統建築並無集合住宅，社區外為農田亦無工廠污染。

#### 一、地理位置

研究地區為龍潭鄉之東南側。龍潭位居台灣北部山坡地區，面積共有75.2372平方公里，位於桃園台地的最南端，東以大漢溪、石門水庫為界，鄰接大溪鎮、復興鄉，西接楊梅鎮，南沿縣界與新竹縣關西、新埔兩鎮相對，北接平鎮、八德兩市，由於桃園台地略成扇形，以石門為起點向西北放射成數階段漸次傾斜至台灣海峽，因此本鄉地勢較高，地形也較複雜，大體可分為丘陵區(銅鑼圈台地及店子湖台地)，及平地地區(龍潭台地)兩部分，由於丘陵區地勢高亢，地形複雜，可耕地不多，且水源不足，因此大部份為茶園；平地地區因有水利之便，池塘密佈，大部分為稻田、茶園，亦為人口主要聚集區。

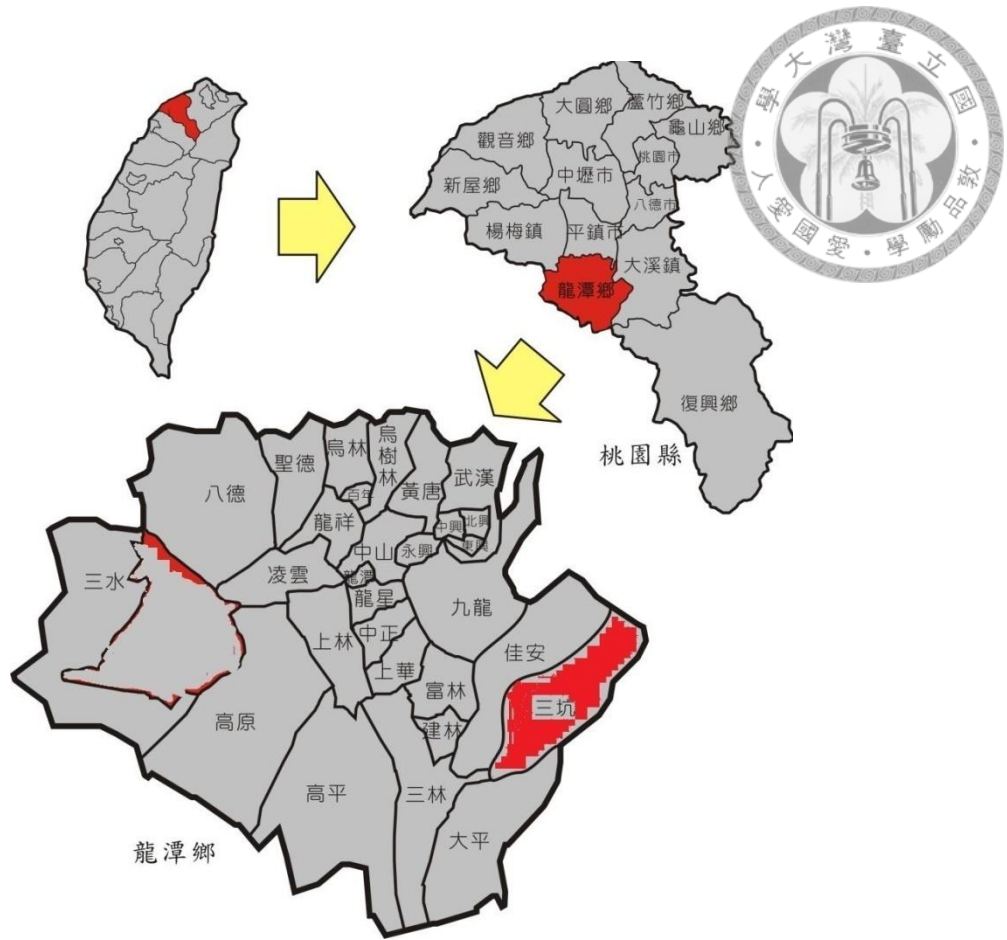


圖 22 地理位置圖

## 二、環境氣候

龍潭鄉氣候溫和，年平均溫約為 $21^{\circ}\text{C}$ ，一月份為最冷月，其平均溫度約為 $14^{\circ}\text{C}$ ，最熱月發生在七月份；其平均溫度約為 $27^{\circ}\text{C}$ ，年平均雨量在2000 公厘以上，雨量分布由北方向南方遞增，有 60% 到65% 的雨量集中於五至九月份，降雨季節分佈不均。



## 4-2 問卷設計

農村戶外熱環境調查為參考ASHARE Stand 55之標準，針對本研究所設計主觀問卷、客觀實測之調查。問卷內容主要參考ASHARE Stand 55簡易版問卷及其推動的RP-921詳細版問卷，其次參考2009年林益崧於戶外環境熱舒適之研究—以工商業區為例之問卷，本問卷選定填寫範圍以20歲以上人員為主。

### 壹、問卷內容

問卷內容分為二大部份，第一部份為受測者個人基本資料，包含性別、年齡、活動量、身體狀況...等。第二部份為受測者對當時的戶外熱環境舒適度、接受度、風速、溼度...等物理因子做憑估。

第一部份：為受測者個人基本資料，包含性別、年齡、身高、體重、居住地、活動行為、健康狀況。

活動行為：活動行為定義為填寫問卷前10分鐘內之活動行為，六個選項分別為睡覺、靜靜坐著、坐著工作、站著工作、慢步行走和運動。

第二部份：為受測者對當時的戶外熱環境舒適、接受度和針對溫度、風速、濕度等物理因子做評估。

(1) 熱接受度：探詢受測者對當下戶外熱環境舒適度接受與否。

(2) 溫度：收集戶外環境熱舒適度之熱感覺及熱喜好

a.熱感覺：依ASHARE Standard 55 七等級之熱感覺尺度 (Thermal Sensation Vote, TSV)，分為很冷、冷、微冷、剛好、微熱、熱、很熱。

b.熱喜好：探詢受測者對填寫當下熱環境期望值為變冷一點、不用改變、變熱一點。

(3) 風速：瞭解風速是否影響戶外熱環境舒適度之判斷。

a.風感：分為七個強弱等級，主要探詢受測者對填寫時對風速的感覺，分別為太弱、弱、稍弱、剛好、稍強、強、太強。



b.風喜好：探詢受測者對填寫當下風速期望為再強一點、不用改變、再弱一點。

(4) 濕度：欲測得濕度是否影響戶外熱環境舒適度之判斷。

a.溼度感：分為七個強弱等級，主要探詢受測者對填寫時對濕度的感覺，分別為太乾燥、乾燥弱、稍乾燥、剛好、稍潮濕、潮濕、太潮濕。

b.風喜好：探詢受測者對填寫當下風速期望為再乾燥一點、不用改變、再潮濕一點。

以上問卷內容擬定後，再問卷調查進行輔以一旁解說，避免受測者對字面上定義不清。

溫度：\_\_\_℃ 黑球：\_\_\_℃ 濕度：\_\_\_% 風速：\_\_\_ m/s 編號：\_\_\_\_\_  
全遮蔭 無遮蔭 天氣：晴天 陰天 日期： 年 月 日 時間：

#### 一、受測者基本資料

1. 性別：\_\_\_\_\_；年齡：\_\_\_\_\_；身高：\_\_\_\_\_公分；體重：\_\_\_\_\_公斤；居住地：\_\_\_\_\_
2. 請問您填問卷前的在做什麼？(單選)  
睡覺 靜靜坐著 坐著工作 站著工作  
慢步行走 運動
3. 請問您目前的感覺如何？(單選)  
身體狀況正常 疲勞想睡 身體狀況不適

#### 二、本部份針對您對戶外熱環境的感覺(請依您個人的感覺，回答下列問題)。

1. 請問你覺得目前的溫度：(單選)  
可以接受 不能接受
2. 請問你目前戶外溫度感覺如何：(單選)  
很冷 冷 微冷 剛好 微熱 熱 很熱
3. 請問您對目前戶外溫度希望如何：(單選)  
暖和點 不用改變 涼爽點
4. 請問你覺得目前吹過來的風感覺如何：(單選)  
太弱 弱 微弱 剛好 微強 強 太強
5. 請問您對目前吹過來的風希望如何：(單選)  
強一點 不用改變 弱一點
6. 請問你對於目前的濕度感受為何：(單選)  
太乾燥 乾燥 微乾 剛好 微濕 潮濕 太潮濕
7. 請問您對目前濕度之期望為何：(單選)  
濕一點 不用改變 乾一點

再次感謝您提供寶貴的意見~

圖 23 問卷格式



### 4-3 實測儀器配置與流程

#### 一、儀器設備

文獻回顧中可得到，人體與周圍環境之間的熱平衡，主要由物理環境因素與個人人體因素兩大類影響人體舒適度。物理環境因素包含：空氣溫度、平均輻射溫度、相對溼度及風速，此四種參數；個人人體因素則包含：人體活動量和著衣量。其中個人人體因素可藉由問卷調查獲得資料；而物理環境因素須藉由實測儀器做物理環境測量獲得。本研究選用調查使用之儀器，為CENTER314可攜式溫濕度記錄器、黑球溫度計及 Delta OHM HD2103.2 風速記錄器，可分別測得空氣溫度、黑球溫度、相對濕度及風速，選用的感測器都符合 ASHRAE Standard 55 與 ISO Standards 7726 對熱評估儀器設備之要求。

表 37 戶外熱環境舒適性研究實測儀器介紹表

儀器名稱 / 型號	儀器照片	功能	實測項目
溫濕度測量儀 CENTER314		室內外測量及記錄 溫濕度，檢視現場 室內外溫濕度。	空氣溫度 相對濕度
風速 LOGGER Delta OHM HD2103.2		可進行風速、風 量、風溫之記錄及 量測	風速
黑球溫度計		可量測周壁幅射溫 度。	平均幅射 溫度

表 38 戶外熱環境舒適性研究於 ISO 7726 規範測量儀器之標準

參數	量測範圍	準確度	反應時間
空氣溫度 (Ta)	10~40°C	基本要求：±0.5°C 理想要求：±0.2°C 以上基準在 $ T_{mrt} - T_a  = 10^\circ\text{C}$ 實，應確定符合要 求	即時反應
平均幅射溫度 (Tmrt)	10~40°C	基本要求：±2°C 理想要求：±0.2°C 當不能符合要求時，應列出實際量測之 準確度	即時反應
風速 (Va)	0.05~1m/s	基本要求：±   0.05 + 0.05Va   m/s 理想要求：±   0.02 + 0.07Va   m/s	0.5秒
黑球溫度 (Tg)	無建議		

表 39 戶外熱環境舒適性研究儀器設備規格

儀器名稱	項目	量測範圍	精準度	準確度
CENTER 314	氣溫	-20 ~ 60°C	0.1°C	±0.7°C
	黑球	-200 ~ 200°C	0.1°C	讀值 * 0.01% ± 0.03°C
	溼度	0 ~ 100%	0.1%	±2.5%
HD 2103.2	風速	0 ~ 5m/s	0.01 m/s	±0.02 m/s

## 二、實測流程

施測點選定原則為周圍環境無樹蔭之空曠地，施測日則為連續晴朗天氣及未來幾天氣候相同為挑選日。

研究從 2012 年 4 月開使，每次實驗如下：

1. 於早上七點將 Center314 溫濕度記錄器、黑球溫度計及 Delta OHM HD2103.2 風速記錄器，架設於各點中並開始記錄，記錄時間 1 分鐘 1 筆，儀器皆用三腳架固定於 1.5m 高之位置。
2. 儀器架設完畢，從八點開始記錄。

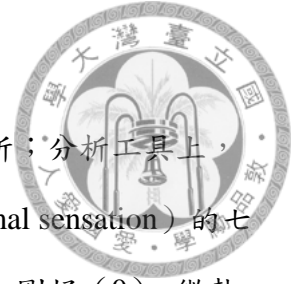
3. 實測同時並搭配問卷發問，為避免受測者對問卷問題不了解，受測者於每次填寫時皆為進行解釋。
4. 問卷上的溫濕度會根據受測者當下受訪之時間，於每次實驗結束後，調出儀器上之數據來記錄。
5. 實測結束後，將儀器測得之環境溫度、相對濕度、風速及黑球溫度數據下載，並且匯入RayMan程式進行數據換算及分析。



圖 24 實驗現況圖

#### 4-4 分析方法

進行戶外熱環境的客觀儀器測量及主觀問卷填謝數據做分析；分析工具上，藉由EXCE、SPSS之軟體做分析。依據熱感覺尺度指標TS (Thermal sensation) 的七個等級，分別由冷至熱依序為很冷 (-3)、冷 (-2)、微冷 (-1)、剛好 (0)、微熱 (+1)、熱 (+2)、很熱 (+3)，以每1°C為一個頻度，統計每1°C頻度中的投票次數分布狀況，再經由每1°C頻度中的平均熱感覺尺度TSV的計算，與相對應的生理等效溫度PET，由此進行後續分析可得到熱敏感度、中性溫度、喜好溫度與熱接受溫度範圍。





## 4-5 實測結果分析

### 4-5.1 熱適應與熱期望探討

在戶外環境受訪中，讓受訪者選填對熱環境的熱感覺尺度指標TS (Thermal sensation)，分別由冷至熱依序為很冷 (-3)、冷 (-2)、微冷 (-1)、剛好 (0)、微熱 (+1)、熱 (+2)、很熱 (+3) 七個選項，以及熱期望值，分別為變冷、不變、變熱三個選項，再將熱感覺尺度與熱期望進行交互分析。

表 40 熱感覺尺度與熱期望分析表

	很冷 (-3)	冷 (-2)	微冷 (-1)	剛好 (0)	微熱 (+1)	熱 (+2)	很熱 (+3)
變冷一點	0.0%	0.0%	6.5%	37.6%	75.7%	97.5%	98.4%
不用改變	0.0%	23.2%	54.3%	58.7%	22.9%	2.5%	1.6%
變熱一點	100.0%	76.8%	39.1%	3.7%	1.4%	0.0%	0.0%
小計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

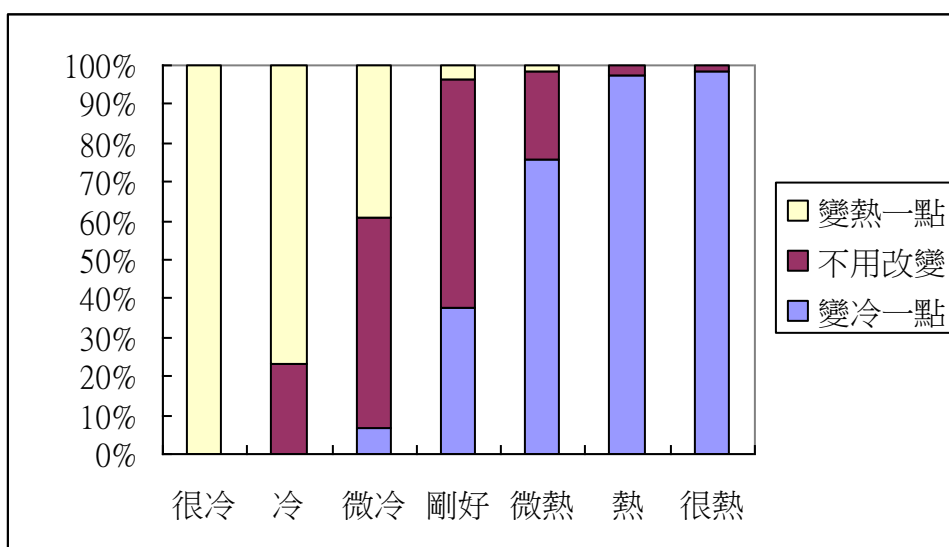


圖 25 熱感知與熱期望對應統計圖

經由圖的統計分析結果，熱感覺尺度選擇微冷 (-1) 之受訪者中，選擇不用改變的54.3%，再加上變冷一點之6.5%，便有超過六成的受訪者對於微冷氣候是可以接受；在熱感覺尺度選擇微熱 (+1) 的受訪者，選擇不用改變的22.9%，選擇變冷一點的75.7%；選擇熱感覺尺度剛好 (0) 之受訪者，選擇變冷一點的37.6%。



結果可以看出，人們大多喜好偏冷之環境。

#### 4-5.2 物理環境因子檢討

本研究以氣候物理環境因子，主要以乾球溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )、黑球溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )、濕度 (%) 與風速 (m/s) 為主。分析氣候物理因子對於民眾熱感受的影響。

由圖4.5可以發現，受訪者對於溫度、風速、濕度的感知狀況，濕度呈現相當的平穩的情況，而溫度與風速呈現相對的關係，當溫度越高的時，受測者對於風的需求感受會增加，而溫度越低需求感會減少。

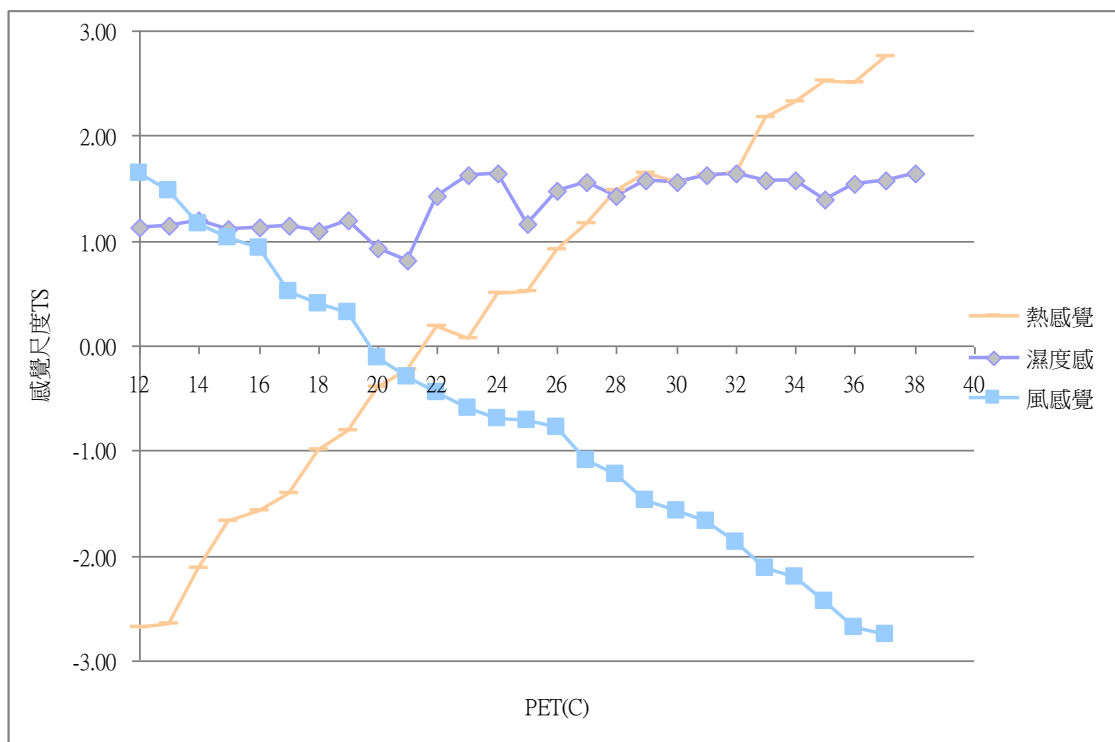


圖 26 溫度、濕度、風速感知分佈圖



### 4-5.3 熱敏感分析

依熱感覺尺度指標TS (Thermal sensation)，分別由冷至熱依序為很冷(-3)、冷(-2)、微冷(-1)、剛好(0)、微熱(+1)、熱(+2)、很熱(+3)七個選項選填數，在每1°C PET作為頻度區間，統計每個頻度區間的選填分佈現象，再藉由計算每個頻度區間的平均熱感之尺度(Thermal Sensation Votes)，與生理等效溫度PET進行線性迴歸分析，便可描繪出受訪者對戶外熱敏感性。如表4.5。

平均熱感覺尺度 TSV 與生理等效溫度 PET 之統計表中顯示(表 4.5)。當溫度從低溫向高溫漸增時，所對應的 TSV 值也由很冷至很熱增加，初步顯示人體在戶外環境時，當溫度提高，身體會感覺環境越熱；反之越冷。PET 溫度對應平均熱感覺尺度 TSV，當 PET 溫度由低溫至高溫，TSV 值有由小漸大的趨勢，即很冷至很熱的趨勢；且在 24°C 時，TSV 值趨近於 0，即人體感覺趨近於「剛好」。

藉由生理等效溫度PET的溫度頻度與平均熱感知尺度統計分析(圖4.6)，可以得到線性迴歸方程式：

$$MTSV1 = 0.2562PET - 5.9385 \quad R1^2 = 0.9748 \text{-----公式4-1}$$

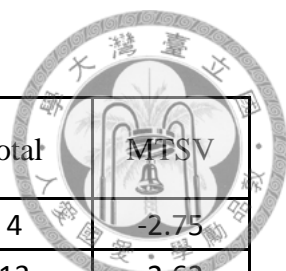
$$MTSV2 = 0.1786PET - 4.3609 \quad R2^2 = 0.9592 \text{-----公式4-2}$$

$$MTSV3 = 0.1570PET - 3.2542 \quad R3^2 = 0.9355 \text{-----公式4-3}$$

由公式4-1~4-3之線性迴歸方程式可以得知，熱感知尺度每提高一個頻度，溫度提高4.9°C PET，也就是溫度每提高1°C PET，熱環境的感知頻度(TS)將提高0.22。

表 41 戶外熱感知統計表

PET (°C)	很冷	冷	微冷	剛好	微熱	熱	很熱	total	MPSV
	-3	-2	-1	0	1	2	3		
12	3	1	0	0	0	0	0	4	-2.75
13	8	5	0	0	0	0	0	13	-2.62
14	9	8	0	0	0	0	0	17	-2.53
15	3	23	0	0	0	0	0	26	-2.12
16	1	9	5	0	0	0	0	15	-1.73
17	0	8	6	0	0	0	0	14	-1.57
18	0	6	5	1	0	0	0	12	-1.42
19	0	3	8	3	0	0	0	14	-1.00
20	0	3	7	6	0	0	0	16	-0.81
21	0	1	4	6	1	0	0	12	-0.42
22	0	0	6	4	2	0	0	12	-0.33
23	0	1	7	10	3	0	0	21	-0.29
24	0	0	18	31	4	0	0	53	-0.26
25	0	0	14	23	19	1	0	57	0.12
26	0	0	8	30	11	2	0	51	0.14
27	0	0	3	21	13	2	0	39	0.36
28	0	0	1	12	6	6	0	25	0.68
29	0	0	1	14	16	12	2	45	1.00
30	0	0	0	12	20	18	9	59	1.41
31	0	0	0	4	21	16	16	57	1.77
32	0	0	0	3	18	11	12	44	1.73
33	0	0	0	1	11	11	12	35	1.97
34	0	0	0	1	7	12	23	43	2.33
35	0	0	0	1	7	10	28	46	2.41
36	0	0	0	0	4	14	19	37	2.41
37	0	0	0	0	4	15	37	56	2.59
38	0	0	0	0	3	19	51	73	2.66
39	0	0	0	0	0	14	42	56	2.75
40	0	0	0	0	0	5	43	48	2.90



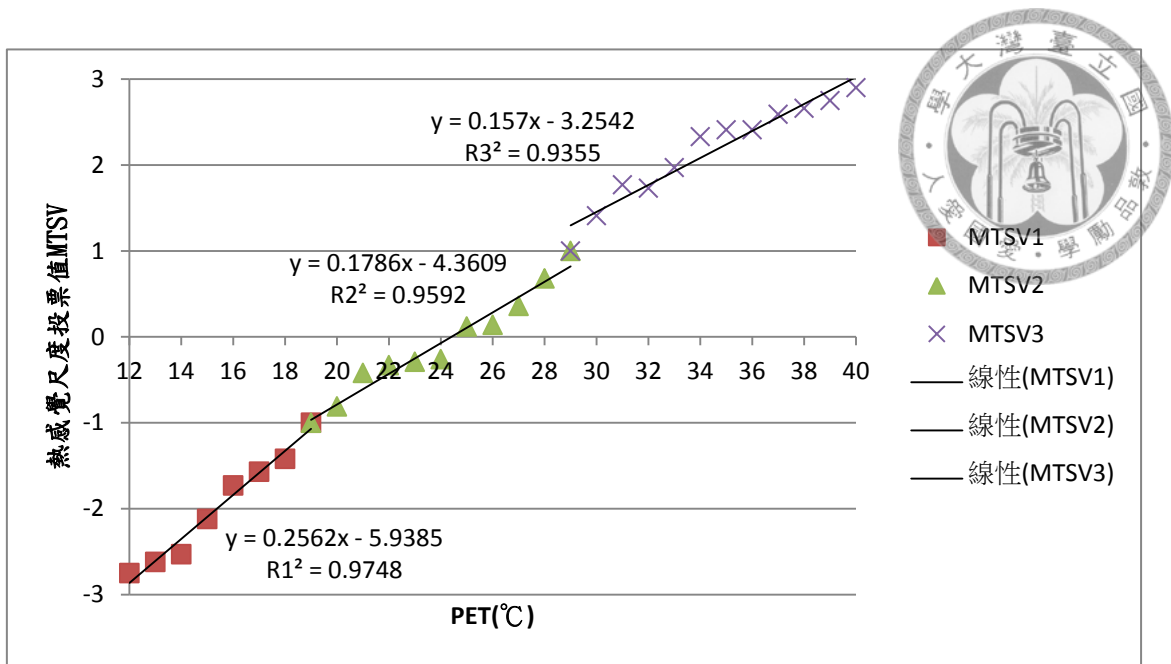


圖 27 熱感知與生理等效溫度關係圖

#### 4-5.4 熱中性溫度分析

熱中性溫度是指人體感覺不冷不熱之適中溫度環境，也相當於熱感知指標 (TSV = 0) 的環境溫度。依熱感覺尺度指標的很冷 (-3)、冷 (-2)、微冷 (-1)、剛好 (0)、微熱 (+1)、熱 (+2)、很熱 (+3) 七個選項選填數值，劃定中性偏熱和中性偏冷兩個區間，統計受測者的熱感覺中間偏熱 (+1、+2、+3) 及 (0) 的一半詢問統計，以每1°C PET作為頻度區間，統計每個頻度區間的選填分佈現象。

受測者的投票結果區分成「中性偏熱」與「中性偏冷」兩個群體，「中性偏熱」群是由很熱(+3)、熱(+2)、微熱(+1)以及剛好(0)的一半所組成，另一群則為「中性偏涼」群。隨著 PET 溫度上升，選擇「中性偏熱」的比率也會增加，並呈現 S 形狀的常態分佈曲線，因受測者感知狀況呈常態分配，所以利用 Logistic 迴歸的 Probit model 公式  $Y_i = \alpha + \beta X_i$  中隨機變數  $X_i$  以標準化變數  $Z$  值取代，便成為標準常態分配。

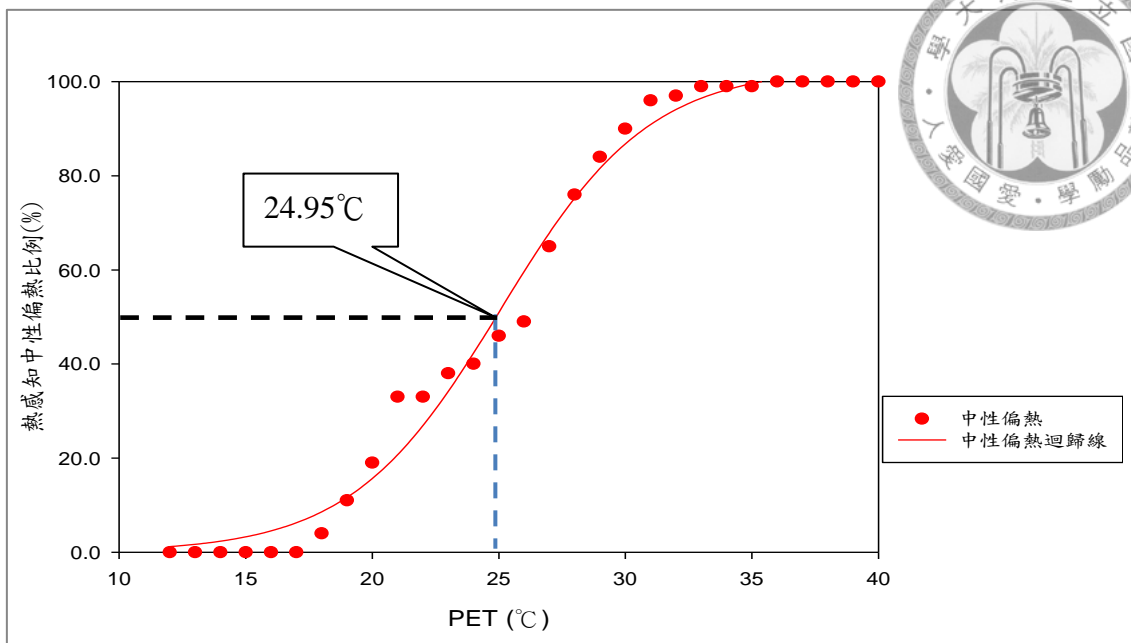


圖 28.熱中性溫度分析圖

藉由機率迴歸方程式分析，可繪出累積機率分析圖，在熱感知中性偏熱的常態累積分析圖中，50%所對應出來的生理等效溫度PET，即為中性溫度，有圖4.7可以獲得熱中性溫度為24.95°C PET。

#### 4-5.5 熱喜好溫度分析

熱喜好溫度是依據變冷、不變、變熱三個選填的累積值，以每1°C PET為一頻度，統計區間的累積分佈狀況，再經由每1°C PET中的變冷、不變、變熱計算其分別所佔百分比，比區分變冷區和變熱區二個區間，依分析統計結果，在其交叉點即可得到戶外環境使用者的喜好溫度。

表 4.6 為熱環境的調整期望意向調查表，以熱喜好尺度指標的調變冷、不變、變熱三個等級之投票數，以每1°C PET為一個頻度區間，統計每個頻度區間內的投票分佈，選擇變冷的受測者即為「期望變冷區」而選擇變熱的受測者即為「期望變熱區」，依統計分析結果進行Probit 曲線之迴歸分析，兩大群的曲線交點即為戶外環境使用者的熱喜好溫度。

表 42 戶外熱喜好溫度分析表

PET	有效問卷數				百分比		
	變冷	不變	變熱	total	變冷	不變	變熱
12	0	0	4	4	0.00%	0.00%	100.00%
13	0	0	13	13	0.00%	0.00%	100.00%
14	0	1	16	17	0.00%	5.88%	94.12%
15	0	2	24	26	0.00%	7.69%	92.31%
16	0	1	14	15	0.00%	6.67%	93.33%
17	0	2	12	14	0.00%	14.29%	85.71%
18	0	2	10	12	0.00%	16.67%	83.33%
19	0	3	11	14	0.00%	21.43%	78.57%
20	0	5	11	16	0.00%	31.25%	68.75%
21	0	3	7	12	0.00%	25.00%	58.33%
22	2	6	5	12	16.67%	50.00%	41.67%
23	4	9	8	21	19.05%	42.86%	38.10%
24	14	24	15	53	26.42%	45.28%	28.30%
25	18	24	14	57	31.58%	42.11%	24.56%
26	20	22	8	51	39.22%	43.14%	15.69%
27	14	10	3	38	36.84%	26.32%	7.89%
28	12	10	3	25	48.00%	40.00%	12.00%
29	22	23	0	45	48.89%	51.11%	0.00%
30	45	12	3	59	76.27%	20.34%	5.08%
31	47	8	2	57	82.46%	14.04%	3.51%
32	42	5	0	44	95.45%	11.36%	0.00%
33	33	9	0	35	94.29%	25.71%	0.00%
34	42	4	0	43	97.67%	9.30%	0.00%
35	45	3	0	46	97.83%	6.52%	0.00%
36	37	0	0	37	100.00%	0.00%	0.00%
37	56	0	0	56	100.00%	0.00%	0.00%
38	73	0	0	73	100.00%	0.00%	0.00%
39	56	0	0	56	100.00%	0.00%	0.00%
40	48	0	0	48	100.00%	0.00%	0.00%

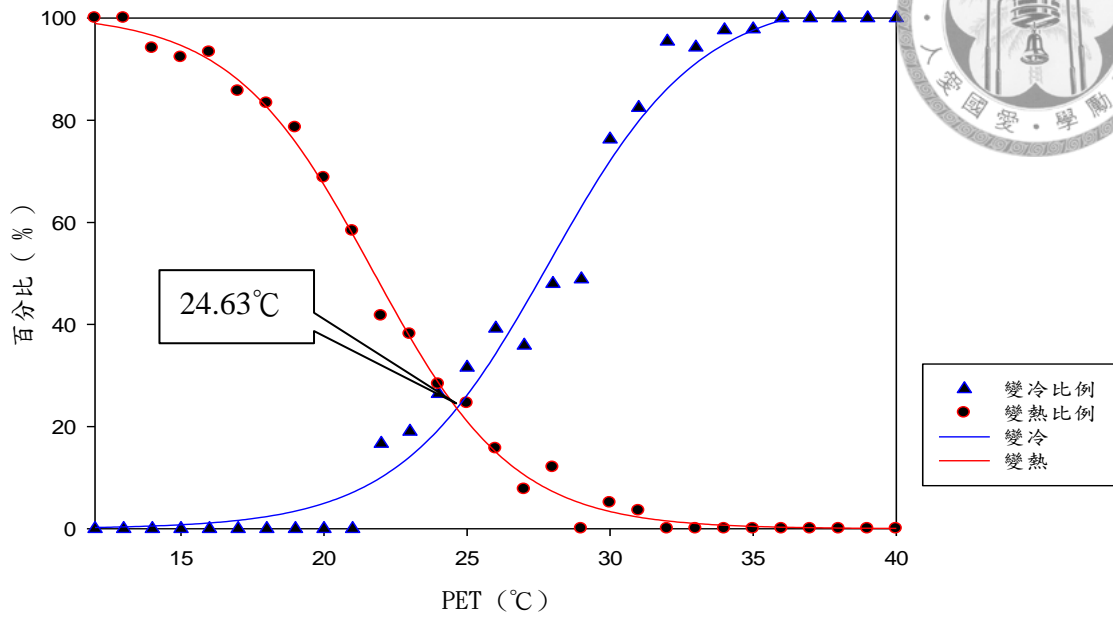
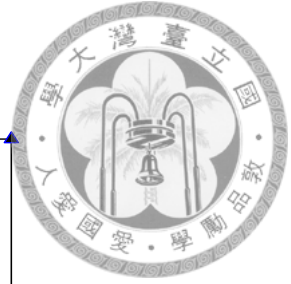


圖 29 戶外熱環境喜好溫度分析圖

藉由機率迴歸方程式分析，可繪出累積機率分析圖，由期望變冷區和期望便熱區的累積積率分佈百分比圖的交叉點所對應的生理等效溫度PET，即是戶外熱環境的喜好溫度 $24.63^{\circ}\text{C}$ （圖4.8）。



#### 4-5.6 熱接受度範圍

熱接受度是依接受與否（可接受、不可接受）與熱感指標進行交叉分析（表 5.）。可以得到在熱感覺尺度TS越趨進於「剛好」時，「可以接受」的比例越高，並且當「可以接受」大於「不可接受」有一半以上受訪者感到舒服時，發生在TS選填「冷」、「微冷」、「剛好」、「微熱」。顯示多數人對「冷」的接受度大於對「熱」的接受度。

表4.7當受測者感覺「剛好」時，「可以接受」比例大於「不能接受」比例；當受測者感覺「微熱」、「微冷」時，也有同樣狀況，「可以接受」比例大於「不能接受」比例；當受測者感覺「熱」、「冷」時，只有感覺「冷」時，「可以接受」比例大於「不能接受」比例，顯示一般民眾對「冷」的接受度大於對「熱」的接受度。

表 43 接受度分析表

	很冷 (-3)	冷 (-2)	微冷 (-1)	剛好 (0)	微熱 (+1)	熱 (+2)	很熱 (+3)
可以接受	8.8%	64.3%	67.4%	96.3%	84.7%	35.8%	5.2%
不可接受	91.2%	35.7%	32.6%	3.7%	15.3%	64.2%	94.8%
小計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

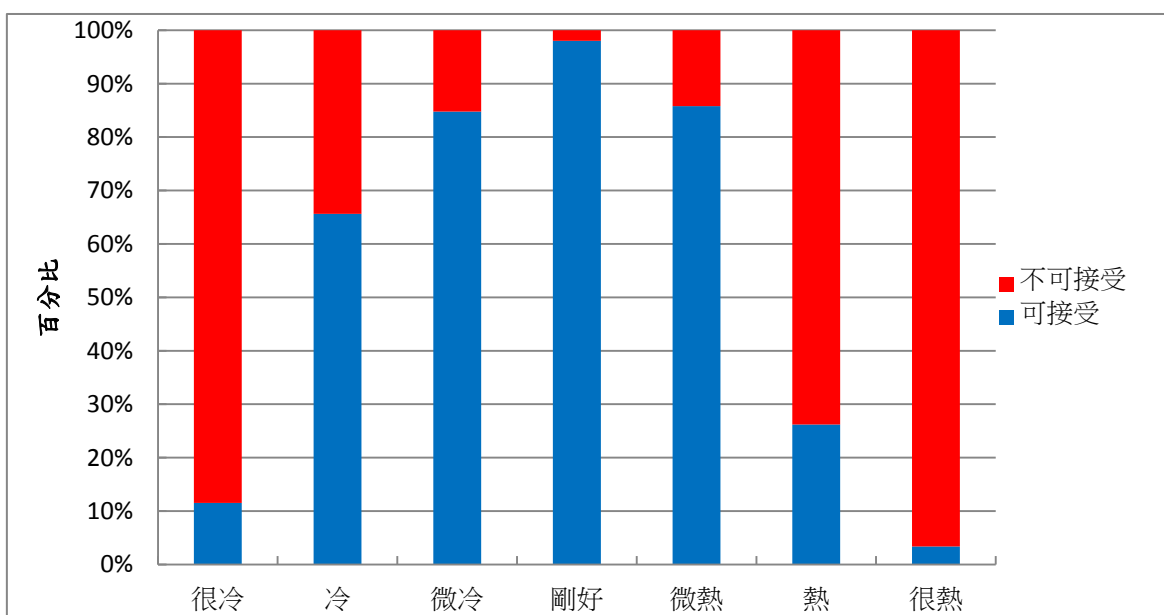


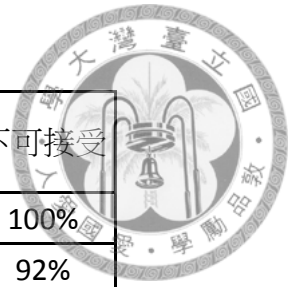
圖 30 熱接受度百分比圖

ASHRAE 定義熱舒適範圍為使80%以上的人可以接受的範圍(ASHRAE, 2004)。以每1°C生理等效溫度為一個頻度，統計每個頻度溫度中，受測者對熱環境之接受度為「可以接受」或「不能接受」的次數，且計算其次數佔該頻度總次數的百分比(表4.7)。

結果顯示高溫及低溫時，有高達100%的受測者選擇「不能接受」，即無法接受戶外的熱環境，因此選擇「不能接受」的受測者大多集中在高溫及低溫層；選擇「可以接受」的受測者大多集中在中間溫度層。

表 44 戶外熱環境接受度範圍分析表

PET	可接受	不可接受	total	可接受	不可接受
12	0	4	4	0%	100%
13	1	12	13	8%	92%
14	3	14	17	18%	82%
15	6	20	26	23%	77%
16	8	7	15	53%	47%
17	10	4	14	71%	29%
18	11	1	12	92%	8%
19	12	2	14	86%	14%
20	13	3	16	81%	19%
21	12	0	12	100%	0%
22	11	1	12	92%	8%
23	18	3	21	86%	14%
24	49	4	53	92%	8%
25	55	2	57	96%	4%
26	50	1	51	98%	2%
27	31	8	39	79%	21%
28	22	3	25	88%	12%
29	40	5	45	89%	11%
30	47	12	59	80%	20%
31	41	16	57	72%	28%
32	21	23	44	48%	52%
33	13	22	35	37%	63%
34	15	28	43	35%	65%
35	8	38	46	17%	83%
36	4	33	37	11%	89%
37	0	56	56	0%	100%
38	0	73	73	0%	100%
39	0	56	56	0%	100%
40	0	48	48	0%	100%



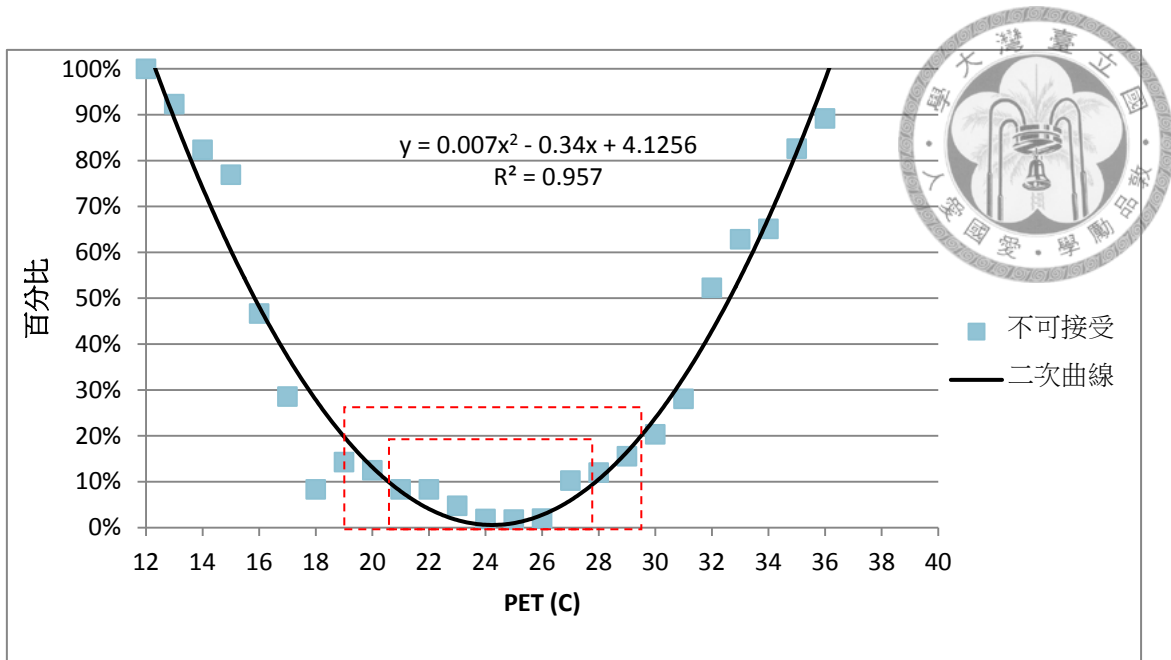


圖 31 熱接受範圍圖

經由80%的熱接受度範圍圖型顯示戶外熱接受範圍為19.2°C PET~29.5°C PET，顯示民眾在農村能夠接受的高溫在29.5°C PET以下。經由10%的熱接受度範圍圖型顯示戶外熱接受範圍為20.8°C PET~27.8°C PET，顯示民眾在農村能夠接受的高溫在27.8°C PET以下(圖4.10)。



## 第五章 結論與建議

### 5-1 結論

對於「農村土地組成對戶外熱環境與熱島強度關係之研究」，本研究採現地觀測，並配合土地組成及問卷訪查的建立，定量模擬觀測農村相關構成因子與熱島溫度的關係而獲具體的成果。茲將本研究成果陳述如下：

#### 5-1.1 熱島強度關係部份

- (1) 本研究建立之熱島觀測資料，並解析觀測熱島強度與熱島時空變化特性。  
以最能反應人工環境與熱島溫度關係的午夜時段為例：冬季熱島強度為 $1.95^{\circ}\text{C}$ ，春季熱島強度為 $2.17^{\circ}\text{C}$ ，夏季熱島強度為 $1.35^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 由本研究解析熱島溫度分布特性結果可知：綠地及水域對於高溫化的緩和效果具有顯著影響。
- (3) 本研究建立觀測農村之熱島迴歸式，以作為未來模擬台灣農村熱島效應之應用之基礎。
- (4) 集居型農村與散居型農村皆會產生熱島效應

#### 5-2.2 農村戶外熱環境部份

- (1) 溫度約低時，民眾對於風的需求是偏低的；當溫度小於 $20^{\circ}\text{C}$ PET，而風速低於 $0.6\text{m/s}$ ，有超過80%的民眾感到剛好，當風速超過 $2.5\text{m/s}$ ，有超過半數的民眾感到過強。溫度熱時，對於風的需求較高；當溫度超過 $26^{\circ}\text{C}$ PET，風速超過 $3.5\text{m/s}$ ，民眾感覺風速太強的比例低於25%，若溫度超過 $32^{\circ}\text{C}$ PET以上，現場實測各種風速下民眾都不會覺得風速太強，反而是感覺風速太弱的比例接近半數。研究發覺當風速介於 $0.9\sim 2.5\text{m/s}$ ，有80%的收測者覺得剛好。
- (2) 研究發現熱中性溫度為 $24.95^{\circ}\text{C}$ PET，熱喜好溫度為 $24.63^{\circ}\text{C}$ PET。研究數




據顯示，民眾偏好中性偏涼的戶外熱環境。

- (3) 本研究發現在北部農村有80%的熱接受度範圍為 $19.2^{\circ}\text{CPET}$ ~ $29.5^{\circ}\text{CPET}$ ，10%的熱接受度範圍為 $20.8^{\circ}\text{CPET}$ ~ $27.8^{\circ}\text{CPET}$ ，最佳溫度為 $24.6^{\circ}\text{CPET}$ ，相較先前研究之台灣熱舒適範圍 $26^{\circ}\text{CPET}$  ~ $30^{\circ}\text{CPET}$ 有略低的現象，可能因台灣南北調查地點不同有所差異，北部熱接受範圍可參考本研究，中南部熱接受範圍可參考先前的熱接受範圍。

## 5-2 建議與改善

本研究之限制於農村熱島強度方面，無法同步進行多個農村聚落型態樣本比對，在北中南三地的氣候亦有局部的不同，而農村面臨的問題除了建築居住環境的改變，還有人口外移及產業結構的改變，顯示對於農村的微氣候改變相當的關聯性；在農村戶外熱環境舒適性的限制方面，於本研究因地緣之故，選擇調查地點多位於北部，然而南北的氣候條件差異反映在本研究上尚未有明顯數據顯示不同，農村的建築型態因聚落形成的空間背景條件不同，在農村戶外空間尚有許多議題未能在本研究議題上有所貢獻，不免有些遺憾。本研究對於農村的觀測與解析獲得初步的成果，但仍有不少相關課題需再予以改善或深入探討，方能更強化台灣農村之熱島研究及戶外熱環境舒適性研究。


- (1) 本研究建立之觀測農村之土地組成主要採建築物、水域、人工鋪面與綠地四大類建立，日後若能與以細分，將更充份反應土地利用現況。且解析類型若與農村再生計畫分類結合，將可增進規劃、開發時評估開發後環境溫度變化之便利性。
- (2) 本研究由於缺乏基礎解析的數據，因此對於農村農地使用型態進行相關性解析。只能將農地廣泛的解釋為綠地，根據文獻顯示綠地能降低溫度改善熱島情況，但農村綠地多環繞農村社區四周對社區內的微氣候未能提供改變，在農村社區內的微氣候若要提出改善策略，應積極細分農地使用型態並進行解析。


- 
- (3) 為更有效進行「農村熱島」相關研究，必須仰賴為各農村社區地理資訊資料庫之配合，唯目前除水保局於農村再生計畫外，其餘較偏遠之農村社區普遍缺乏此類基礎資料，以致於研究過程窒礙難行。若相關單位能夠逐步建立更詳盡、更具時效性的土地利用現況資料，以及更廣泛的地理資訊資料庫，將可以卓越的提升農村熱島定量解析之精確度，如此才能對於農村熱島日益嚴重的情況研擬出更具體、更有效的改善對策。
- (4) 目前有越來越多的活動發生在農村戶外環境，然而農村因早期產業需要，於戶外空間較少遮蔭環境，但現今社會空間背景與過往大不相同，農村社區所面臨轉型的壓力亦較過往來的大上許多，因此農村戶外環境的改善有迫切上的需要，但農村戶外空間的溫度、風速及濕度調節不易，應採不同的設計手法來改善。
- (5) 農村戶外環境尚有因建築型態的不同及農村社區形成的不同，於戶外環境條件也大不相同，且有北南型態之差異，本研究雖初步進行探討及研究，但有賴後續進行相關議題的研究如農村規模、建築型態、南北差異等，再一步瞭解農村戶外熱環境舒適性，並配合農村熱島的研究，以瞭解農村熱島與農村戶外熱環境舒適性之關係，以進一步對舒適的農村環境提供建議。



## 參考文獻

1. 鄭師中，1989，《都市氣候學，徐氏基金會》，pp. 83-122
2. 楊文杉，土地利用型態與都市微氣候關係之環域分析-以台中市為例，2011。
3. 陳品光，水田植栽對微域溫度之影響，2006。
4. 周天穎，台中市都市熱島效應與土地覆蓋之研究，2010。
5. 孫振義，運用遙測技術於都市熱島效應之研究，2007。
6. 鄭琬純，都市土地使用與都市氣溫關係之研究-台中地區之實證研究。
7. 張簡士彥，都市熱島效應改善之基礎研究-熱物理性質對表面溫度之影響，2009。
8. 徐正杰，都市環境的綠化與透水效應對於微氣候之影響-以花蓮市區為例，2003。
9. 孫振義，台南地區都市熱島研究，2003。
10. 郭柏巖，都市公園微氣候觀測解析，2000。
11. 李魁鵬，台灣四大都會區都市熱島之研究，1999。
12. 許弘逸，都市熱島退燒策略分析-以台北市民族西路周邊為例，2012。
13. 李洋毅，綠化形態對都市熱島效應影響之研究，2006。
14. 仲崇毅，熱島效應之數值模擬，1989。
15. 王錦堂，建築應用物理學，臺隆書店，1996。
16. 台灣省政府勞工處高溫作業勞工作息時間標準，1998。
17. 朱岳梅、姚楊，室外環境熱舒適性模型的建立，哈爾濱工業大學學報，第23 卷，第6 期，2007 年6 月。
18. 邱英浩，丁育群，吳孟芳，中華民國建築學會第十九屆第二次建築研究成果發表會論文集，「都市水域空間周圍熱舒適性之研究」，2007。
19. 周鼎金，建築物理，茂榮圖書，1995。

- 
20. 李建鋒，校園戶外環境舒適性之研究－以大學、小學為例，2008。
  21. 林憲德，綠建築節能法規解說，營建雜誌社，2003，p.19。
  22. 林子平，兩岸三地都市微氣候評估研討會，「熱濕氣候區戶外熱舒適接受範圍與環境設計對策」，2007。
  23. 林子平、黃瑞隆，半戶外空間溫熱環境之實測研究-以大學校園為例，「第十六屆第二次建築研究成果發表會」，2004。
  24. 莊家梅，夏季戶外空間熱舒適性之研究－以台南縣市、高雄市戶外空間為研究對象，2008。
  25. 黃漢泉著，建築物理，良冠打字印刷公司，pp.43-65，1993/9。
  26. 黃柔嫻,台灣大學園藝學研究所碩士論文，「台北都市氣候特徵及其熱舒適度評估－以士林、萬華、古亭、松山為例」，1998。
  27. 黃宇菘，戶外鋪面對建築外部熱環境影響之研究－以高速公路南投服務區為例」，2004。
  28. 鄭明仁、黃瑞隆，熱濕地區空調型住家環境的熱舒適要求，同濟大學學報，第36卷，第6期，2008年6月。
  29. 蔡維誼,台灣大學職業醫學與工業衛生研究所碩士論文，「影響熱暴露者體溫之相關因素研究」，1996。
  30. 賴榮平、林憲德、周家鵬編著，建築物理環境，六合出版社，pp.1-12，1991/8。
  31. 洪得娟、顏家芝、李麗雪，都市和自然作用，田園城市文化事業有限公司，1998，P.260
  32. 富田芳郎（1933），臺灣的農村聚落型態，「台灣研究網路化」網站  
<http://twstudy.iis.sinica.edu.tw/han/>
  33. ASHRAE, ASHRAE Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.,2004.

- 
34. ASHRAE, Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, USA, 1992.
35. ASHRAE, "Thermal Comfort", ASHRAE Handbook of fundamentals, Chapter 8, 37-55, 1997.
36. ASHRAE, ASHRAE Handbook of fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc, 2001.
37. Chun, C., A. Kwok, and A. Tamura, Thermal comfort in transitional spaces-basic concepts: literature review and trial measurement. Building and Environment, 39(10), pp.1187-1192 2004.
38. Fanger, P.O., Thermal Comfort. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972.
39. Gagge A.P., Fobelets A.P., and Berglund L.G. : A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment. ASHRAE Transactions, 92(pt2B), pp.709-731, 1986.
40. ISO 9920, Ergonomics of the Thermal Environment-Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble, International Standards Organisation, Geneva, 1995.
41. ISO, International Standard 7730, Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva: International Standard Organization, 1994.
42. ISO, International Standard 7726, Thermal environment- instruments and method for measuring physical quantities. Geneva: International Standard Organization, 1998.
43. ISO, International Standard 7726, Thermal environment-instruments and method for measuring physical quantities. Geneva: International Standard Organization,

1985(E).

44. Nakano, J., and S. Tanabe, Thermal comfort and adaptation in semi-outdoor environments. ASHRAE Transactions, 110(2), pp.543-553, 2004.
45. Spagnolo, J., and R. J. de Dear, A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. Building and Environment, 38(5), pp.721-738,2003.
46. Oke, T. R., 1982, "The energetic basis of the urban heat island", ( Quart. Roy. Met. ), 108, pp1-24.

