

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

030510

2012-2022 年桃園 6-8 月平地與山區熱對流降雨
之異常探討

學校名稱：桃園市立經國國民中學

作者： 國二 吳冠勳 國二 謝秉弘	指導老師： 邱俊賢
---------------------------------	------------------

關鍵詞： 降雨、午後熱對流、都市熱島效應

摘要

本研究利用中央氣象局觀測資料查詢系統中的 2012-2022 年 6-8 月雨量及逐日平均溫度資料，將桃園市的 12 個氣象測站數據輸入 excel 中，做成長條圖或趨勢圖並解讀。發現根據十年來每年 6 到 8 月的平均逐日溫度分布情形，都市熱島效應可能發生於桃園測站附近，可能及於中壢及八德。逐日平均溫度上升趨勢以龍潭測站最高。A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢以中壢測站最高。山區的熱對流降雨雨量與逐日平均溫度上升趨勢，與平地或海邊測站相比都有不及的情況，推測造成平地與山區熱對流降雨降雨量的異常變化有可能與都市熱島效應有關。

壹、研究動機

台灣是一個四季常有雨的國家，降雨這件事情對我們來說已經是稀鬆平常的一個現象，台灣地區的降雨常見有梅雨、颱風、低氣壓及午後熱對流降雨。而梅雨、颱風、低氣壓比較容易受到中、大尺度的環流影響，但是午後熱對流降雨在一些文獻裡，例如嚴文懋(民 104)與洪敬宏(民 108)等提及，可能會因為小尺度的都市熱島效應影響，造成降雨分布的改變。經過討論後，我們決定展開一系列調查與探討，研究 2012-2022 年桃園市的熱對流降雨的雨量與逐日平均溫度在近十年的變化，想印證桃園市是否有都市熱島效應，以及是否因都市熱島效應導致降水分布的改變，造成異常。

貳、研究目的

- 一、觀察桃園市 12 個測站 2012-2022 年 6~8 月逐日平均溫度的變化，是否存在有都市熱島效應。
- 二、觀察桃園市 12 個測站 2012-2022 年 6~8 月午後熱對流降雨雨量變化與逐日平均溫度變化的關係。

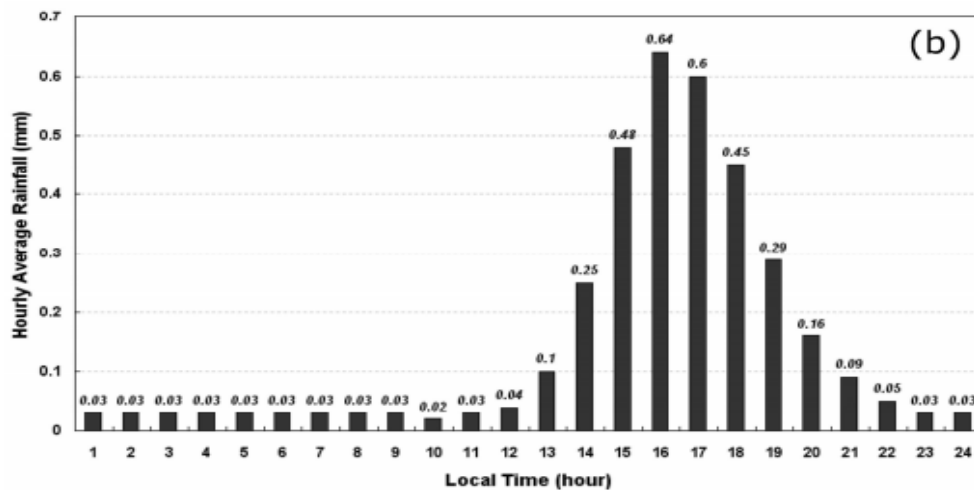
參、研究設備及器材

- 一、電腦及網際網路。
- 二、Microsoft Office Excel 軟體。

肆、研究過程或方法

一、至中央氣象局觀測資料查詢系統蒐集桃園市內測站資料，並把所有桃園市內不可用的測站先去除，不可用測站為：中大臨海站、觀音工業區、大溪永福、新興坑尾、竹圍、水尾，剩下 12 個可用測站。

二、依據王安翔等（民 105），將發生於 6-8 月的午後熱對流降雨分成 A、B 兩型。午後熱對流降雨 A 型是指 6-8 月每天的 12 點到 18 點產生主要降雨，而在其他時間裡並無降雨；午後熱對流降雨 B 型是指 6-8 月每天的 12 點到 18 點產生主要降雨，而在其他時間裡也有降雨，但最大降雨或最大降雨範圍發生在 12-18 時期間。經由討論後，我們採用了林品芳、張保亮、周仲島（民 101）的文獻，裡面談到：1400 LST 時，對流活動已發生於雪山和中央山脈的西側斜坡上，一小時候（1500 LST），對流區域逐漸擴大且對流活動更頻繁，此現象持續至 1600LST，1700LST 後，北台灣的對流活動開始減少（如圖一），所以 A 型午後熱對流降雨的資料比較符合所謂的夏季午後熱對流降雨。



圖一 所有雨量站之平均時雨量之日變化。取自林品芳、張保亮、周仲島(民 101)。

三、查找中央氣象局的雨量月報資料（如圖二），將桃園市的 12 個可用測站 2012 年到 2022 年 6~8 月的 A 型當天的雨量總和、逐日平均溫度資料放入 excel 做整理（如圖三）。

降水量(mm)																											
日/時	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	總和	日/時	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	3.5	7.0	5.5	4.0	1.5	0.5	1.0	0.5	24.5	6	
7	4.0	2.0	-	-	-	0.5	-	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	16.0	17.5	10.5	3.5	18.5	3.5	0.5	-	-	-	-	-	81.0	7	
8	-	0.5	9.5	2.0	-	1.5	1.5	0.5	5.5	4.5	0.5	0.5	1.5	4.0	2.5	6.0	4.0	3.0	1.5	1.0	1.5	-	0.5	2.5	54.5	8	
9	-	-	0.5	-	-	4.5	2.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	1.0	-	-	-	-	12.0	9	
10	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	2.5	10	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.5	2.0	-	-	-	1.0	4.5	11	
12	1.5	3.5	3.5	-	1.0	-	-	-	-	-	-	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	12	

圖二 桃園測站 2022 年 6 月份雨量月報表

平鎮		楊梅溫度平均	
日期	雨量A	日期	溫度
2012年6月4日	5.5	2013年8月1日	28.3
2012年6月13日	0.5	2013年8月2日	27.6
2012年6月17日	0.5	2013年8月3日	29.1
2012年6月22日	13	2013年8月4日	29.4
2012年7月28日	19		
2012年7月30日	1		
2012年8月12日	36.5		
2012年8月13日	9.5		
2012年8月18日	18		
2012年8月28日	4.5		

圖三 以平鎮午後熱對流降雨 A 型總數據和楊梅逐日平均溫度數據為例

四、若午後熱對流降雨雨量出現異常極端值（如圖四），則確認是否為颱風、鋒面降雨及，如果不是異常極端值則留下。

2022年7月30	1
2022年8月3日	204.5
2022年8月4日	18.5
2022年8月12	6
2022年8月17	11
2022年8月24	4.5
2022年8月25	21.5

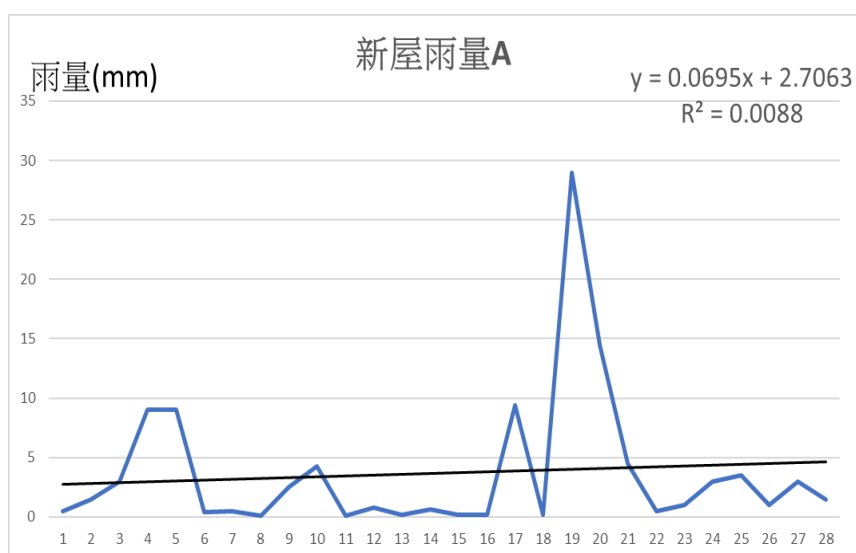
圖四 紅色標註極端值

五、把逐日平均溫度異常的資料（如圖五）給去除，留下其餘可用的資料。

ess		temperature						Dew P
最高氣壓時間 (LST)	測站最低氣壓 (hPa)	測站最低氣壓時間 (LST)	氣溫 (°C)	最高氣溫 (°C)	最高氣溫時間 (LST)	最低氣溫 (°C)	最低氣溫時間 (LST)	露點
PresMaxTime	StnPresMin	StnPresMinTime	Temperature	T Max	T Max Time	T Min	T Min Time	Td dew
2021-07-01 22:44	954.2	2021-07-01 13:19	26.4	33.5	2021-07-01 14:06	21.4	2021-07-01 04:56	
2021-07-02 21:43	955.1	2021-07-02 15:46	27.5	33.7	2021-07-02 13:22	22.5	2021-07-02 05:38	
2021-07-03 21:44	954.7	2021-07-03 15:48	X	...	...	...	...
2021-07-04 20:38	956.2	2021-07-04 04:10	X	...	...	...	...
2021-07-05 08:01	955.0	2021-07-05 17:23	X	...	...	...	...
...	...	...	24.7	...	...	...	...

圖五 2021年7月3日~5日異常資料(如圖中x處)

六、把處理好的數據轉換成 2012—2022 年十年來的折線圖與趨勢線，並運用一元一次方程式： $y=ax+b$ 找出趨勢線的傾斜程度（公式中的 a 為傾斜程度）（如圖六）。



圖六 以新屋測站 2012-2022 年十年來午後熱對流降雨 A 型的折線圖為例，黑線為趨勢線（縱軸為雨量，單位為 mm。橫軸是資料數）

七、將折線圖中趨勢線的斜率（ $y=ax+b$ 裡的“ a ”）取出，並運用 12 個測站斜率的平均值與標準差來互相比較（如圖七）。

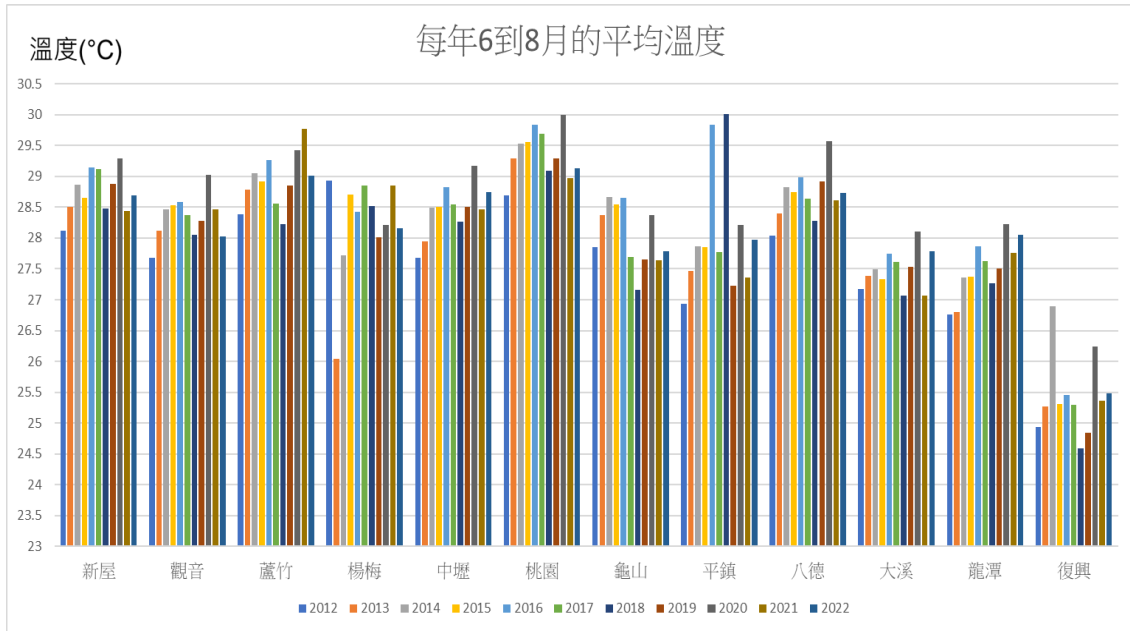
測站	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	平均值	標準差
	新屋	觀音	蘆竹	楊梅	中壢	桃園	龜山	平鎮	八德	大溪	龍潭	復興		
a	0.00020	0.00050	0.00080	-0.00050	0.00100	0.00020	-0.00060	0.00050	0.00070	0.00040	0.00090	-0.00004	0.000373	0.0005

圖七 各測站逐日平均溫度或 A 型午後熱對流降雨雨量折線圖中趨勢線斜率（ a ）的平均值與標準差

八、計算 2012-2022 年各年 6 到 8 月的逐日溫度平均值（如圖八），並繪製成各測站十年來的長條圖（如圖九）來做對比。

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
新屋平均	28.11848	28.50109	28.86522	28.65	29.14783	29.11304	28.47391	28.88152	29.29022	28.44239	28.69457

圖八 以新屋測站為例，2012-2022 年各年 6 到 8 月逐日溫度的平均

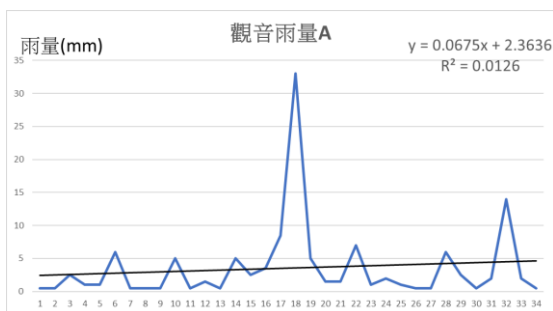


圖九 2012-2022 年 12 個測站每年 6 到 8 月的平均逐日溫度長條圖

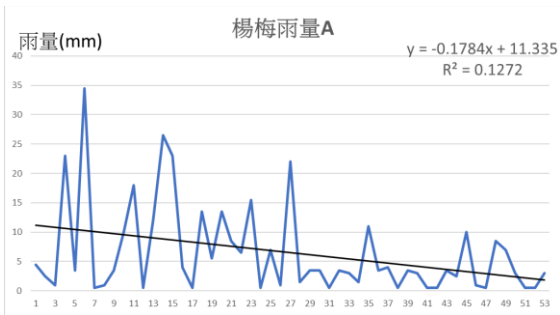
伍、研究結果

由圖九可看出，2012-2022 年每年 6-8 月各測站平均溫度的分布，桃園測站是所有測站中十年來溫度分布最高的測站，而新屋、蘆竹和八德測站十年來溫度較其他測站呈現相對較高的情況。

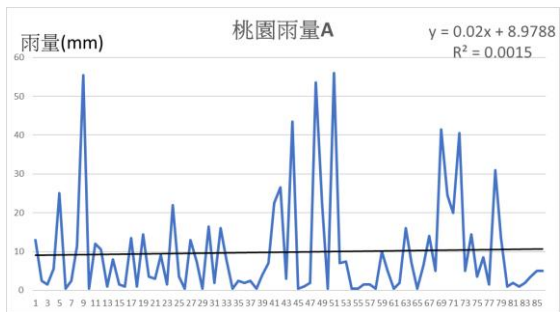
接著，我們下載並篩選出了所有測站的 A 型午後熱對流降雨雨量資料（如圖十到圖二十一，橫軸皆為資料數），並把十年來趨勢線的斜率取出做成標準差比較。同時也下載並處理逐日平均溫度資料（如圖二十二到圖三十三，橫軸皆為資料數），將趨勢線的斜率利用標準差做比較。



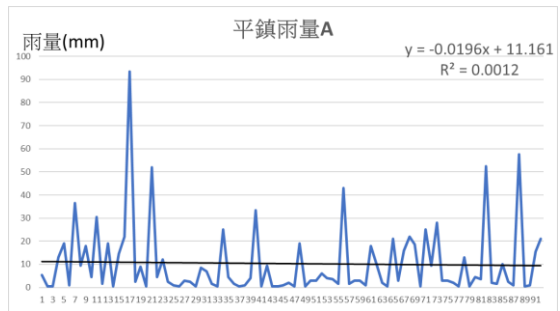
圖十 觀音測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



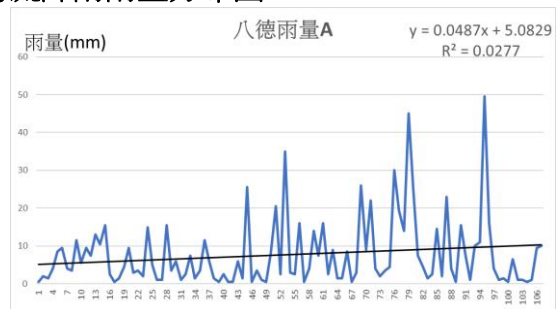
圖十二 楊梅測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



圖十四 桃園測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



圖十六 平鎮測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖

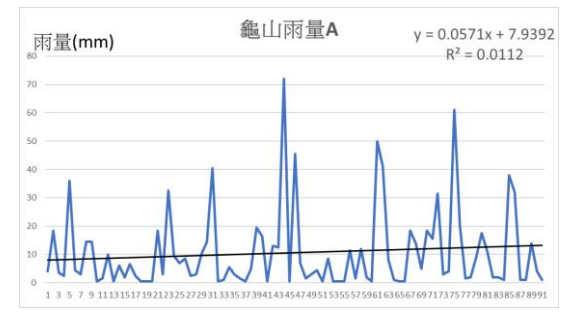


圖十八 八德測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖

圖十一 蘆竹測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



圖十三 中壢測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



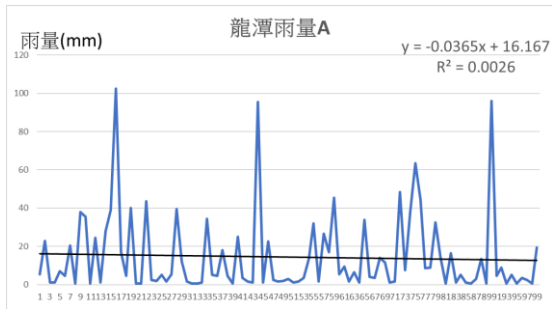
圖十五 龜山測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



圖十七 新屋測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



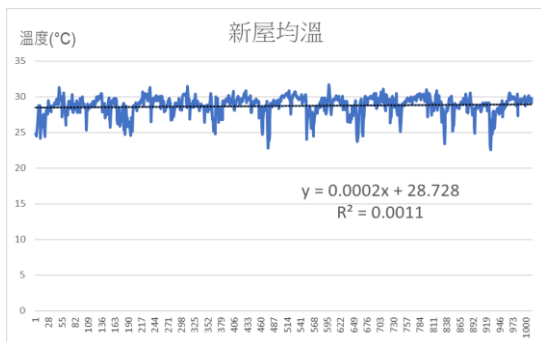
圖十九 大溪測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



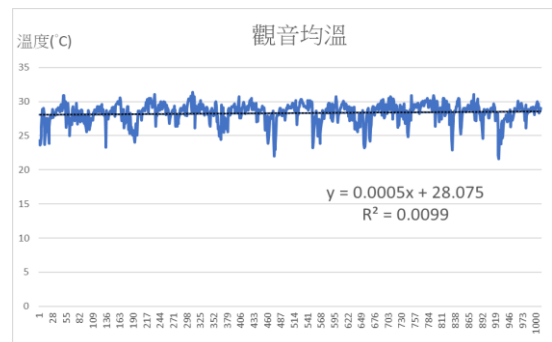
圖二十 龍潭測站 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



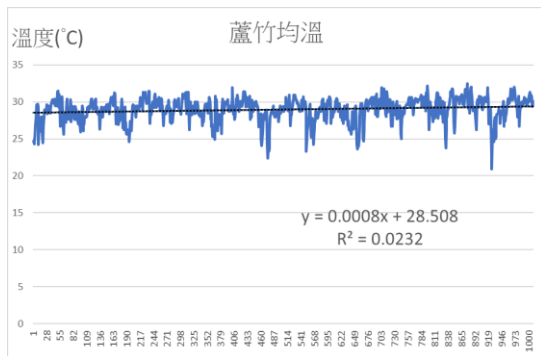
圖二十一 復興測站 A 型午後熱對流降雨資料 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量分布圖



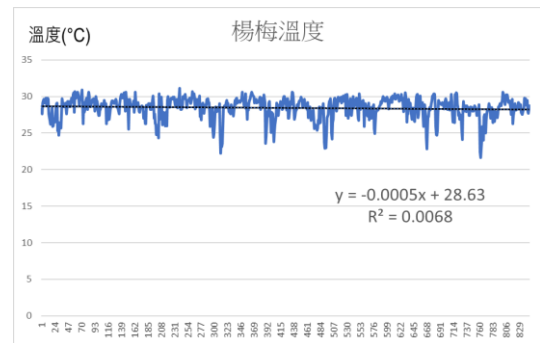
圖二十二 新屋測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



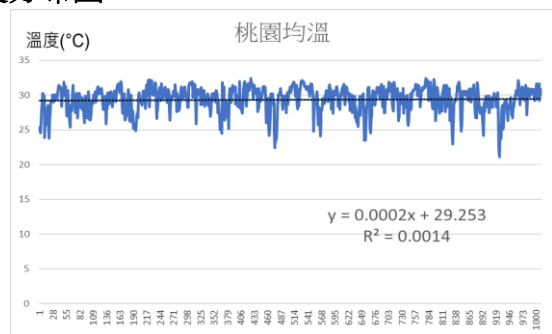
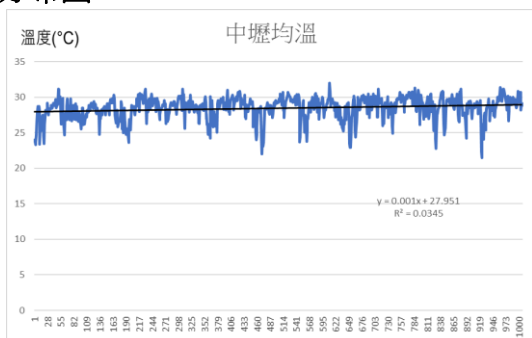
圖二十三 觀音測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



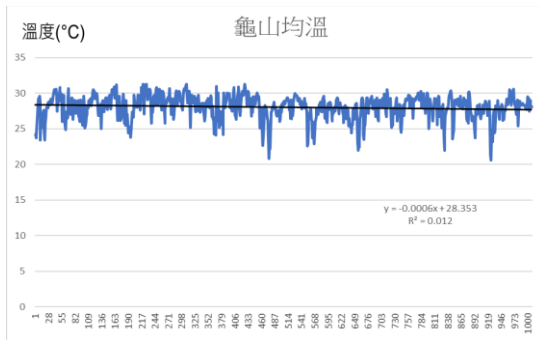
圖二十四 蘆竹測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



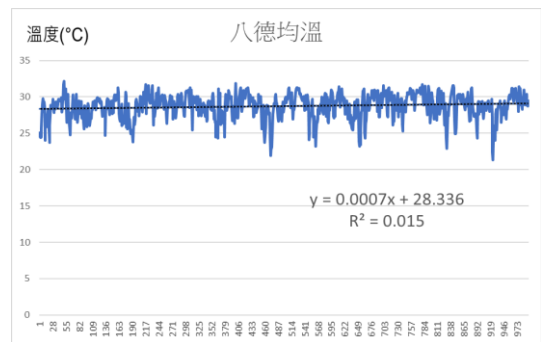
圖二十五 楊梅測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



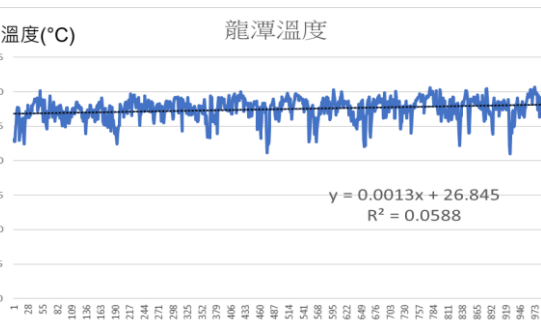
圖二十六 中壢測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



圖二十八 龜山測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖

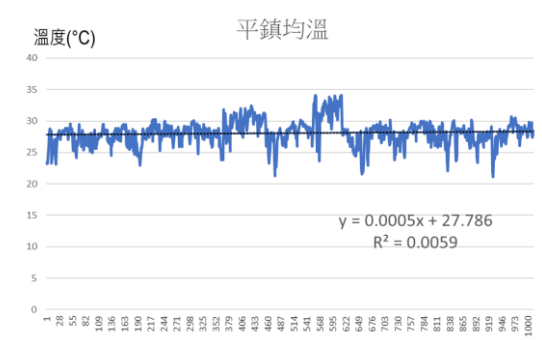


圖三十 八德測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖

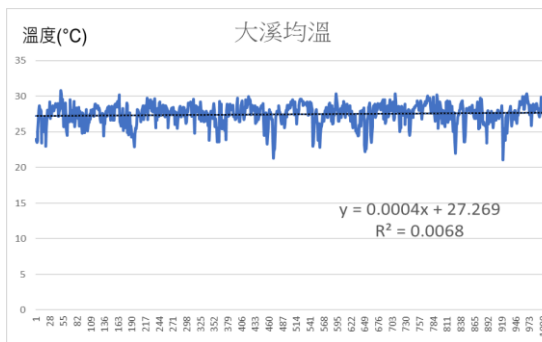


圖三十二 龍潭測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖

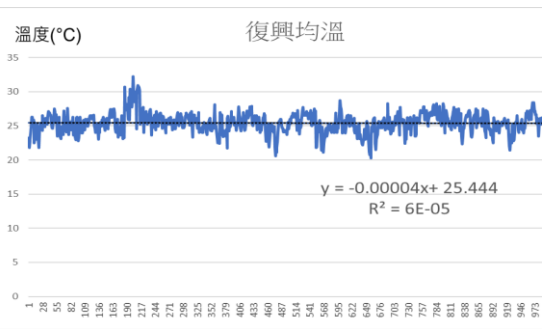
圖二十七 桃園測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



圖二十九 平鎮測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖



圖三十一 大溪測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖

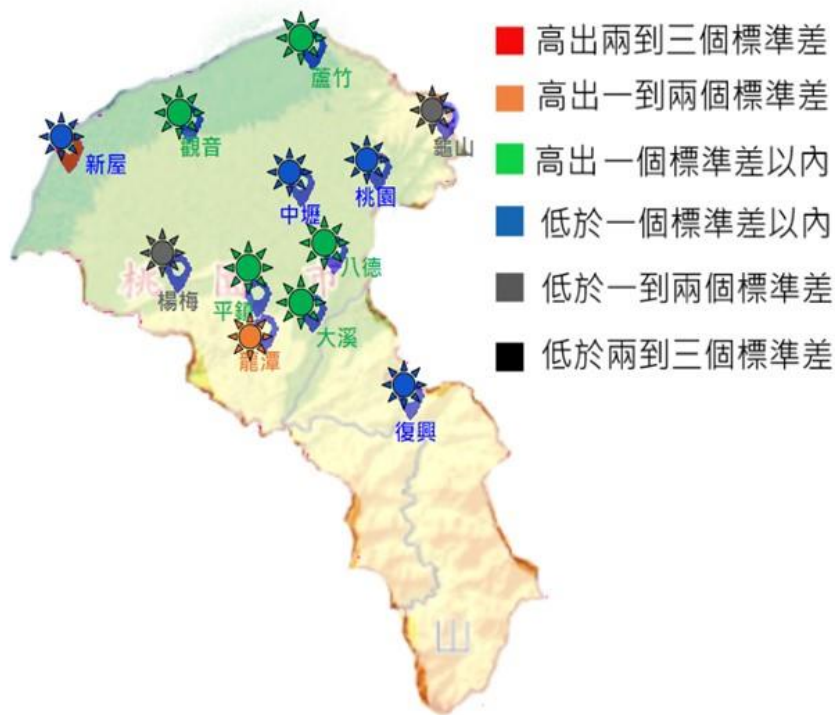


圖三十三 復興測站 2012-2022 年逐日平均溫度分布圖

從 2012 年到 2022 年 6 到 8 月逐日平均溫度趨勢線斜率的標準差看起（如圖三十四），可以發現龍潭高出一到兩個標準差；平鎮、觀音、蘆竹、大溪、八德高出一個標準差以內；中壢、桃園、新屋、復興低於一個標準差以內；楊梅、龜山低於一到兩個標準差以內。我們將不同的標準差與平均值間距以不同的顏色標記在桃園市 12 個測站位置圖中（如圖三十五）。

負3個標準差	負2個標準差	負1個標準差	平均值	正1個標準差	正2個標準差
-0.001130492	-0.0006294	-0.000128	0.00037273	0.000874	0.00137487
	楊梅 龜山			觀音 平鎮 大溪 蘆竹 八德	龍潭
		中壢 復興 新屋 桃園			

圖三十四 2012-2022 年逐日平均溫度標準差數據

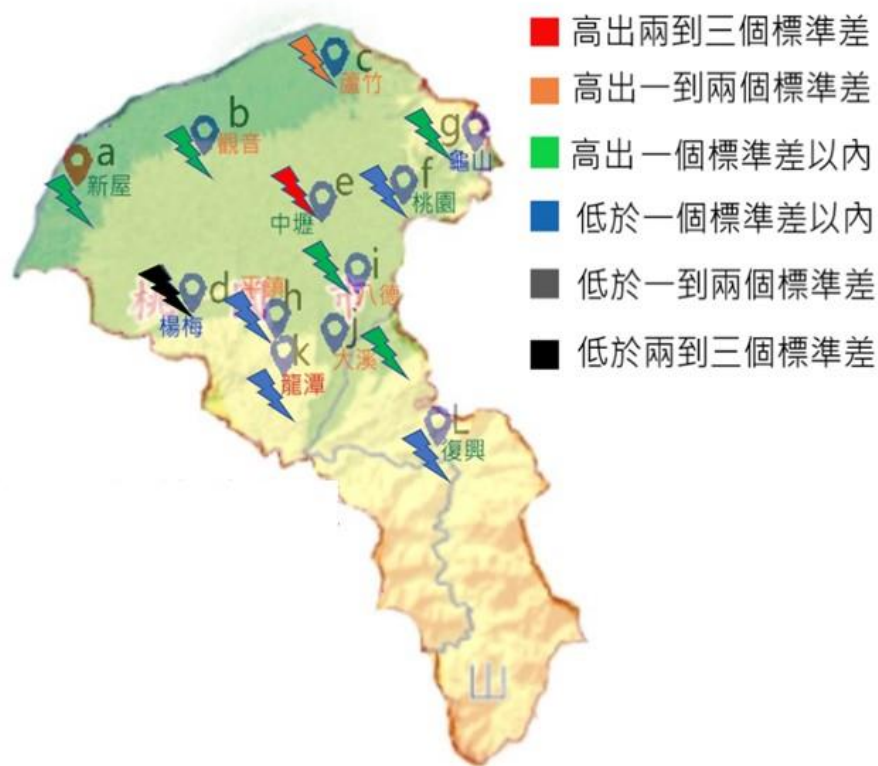


圖三十五 2012-2022 年逐日平均溫度趨勢線斜率的標準差分布與測站位置疊圖

另外，從 2012-2022 年 6 到 8 月 A 型午後熱對流降雨趨勢線斜率的標準差資料（如圖三十六），可以發現中壢測站雨量高出了兩到三個標準差，是測站裡面最高的；蘆竹測站則是高出一到兩個標準差；新屋、觀音、八德、大溪和龜山高出一個標準差以內；桃園、平鎮、龍潭、復興低於一個標準差以內；楊梅低於兩到三個標準差。我們將不同的標準差與平均值間距以不同的顏色標記在桃園市 12 個測站位置圖中（如圖三十七）。

測站	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
	新屋	觀音	蘆竹	楊梅	中壢	桃園	龜山	平鎮	八德	大溪	龍潭	復興	平均值	標準差
	0.0695	0.0675	0.1603	-0.1784	0.258	0.02	0.0571	-0.0196	0.0487	0.052	-0.0365	-0.0452	0.03778	0.10361698
負3個標準差	負2個標準差		負1個標準差			平均值	正1個標準差		正2個標準差		正3個標準差			
-0.273068		-0.1694506			-0.065834		0.03778333		0.1414003		0.24501729		0.34863	
	楊梅					平鎮		新屋		蘆竹		中壢		
						龍潭		觀音						
						復興		龜山						
						桃園		八德						
								大溪						

圖三十六 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨標準差數據



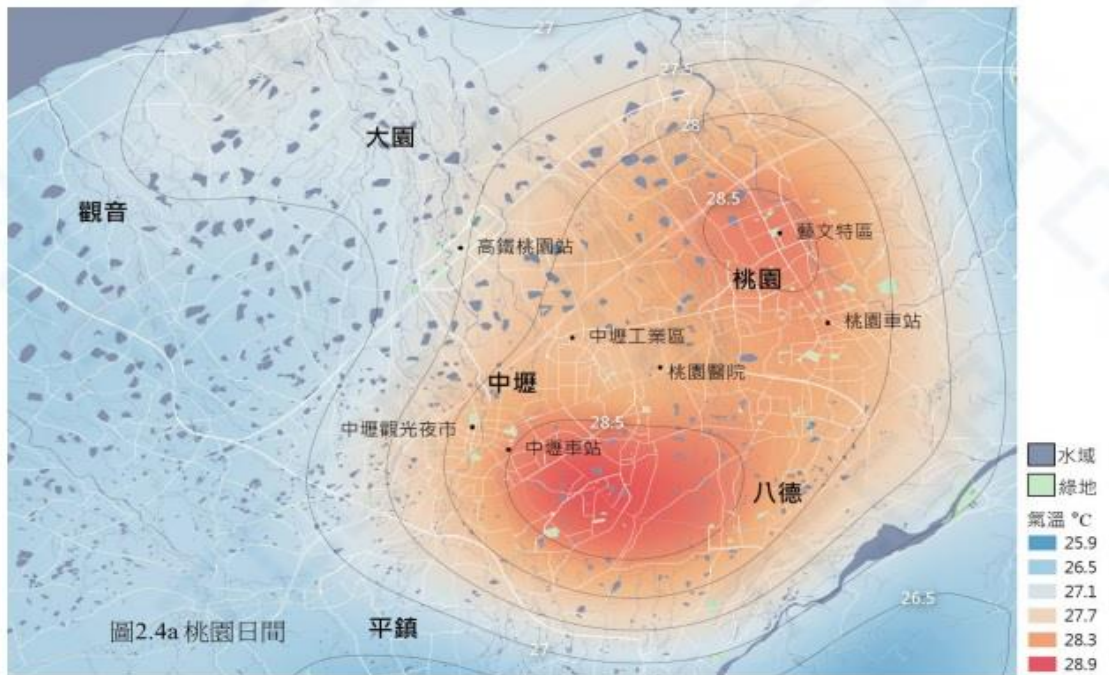
圖三十七 2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量趨勢線斜率的標準差分布與測站位置疊圖

陸、討論

根據圖九，我們將 2012-2022 年每年 6-8 月逐日溫度的平均溫度分布長條圖中，溫度分布最高的桃園測站及其餘溫度分布相對較高的蘆竹、八德、新屋測站以不同顏色的記號標示於桃園市各測站位置圖上(如圖三十八)。發現桃園市 2012-2022 年十年來溫度較其他測站高，有可能發生熱島效應的區域應該在桃園測站附近，這與林子平(2021)所提及桃園市的都市熱島效應主要位於中壢火車站以東、桃園區市區及部分八德區有相類似的情況(如圖三十九)。



圖三十八 2012-2022 年每年逐日溫度平均值較高的測站分布圖



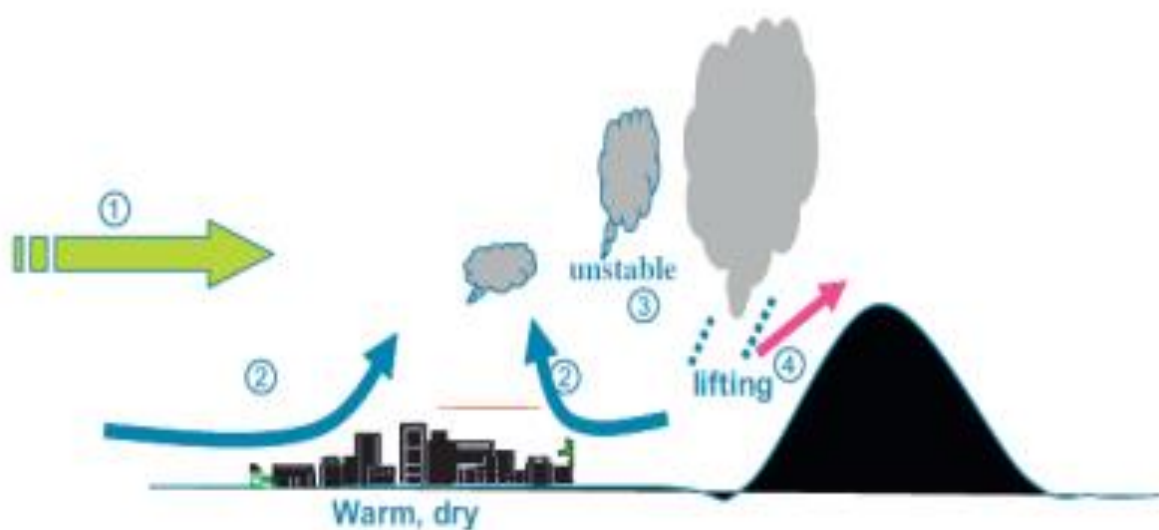
圖三十九 桃園市秋季日間平均氣溫分布圖，取自：林子平(2021)，都市的夏天為什麼愈來愈熱？

根據圖三十五，我們發現 2012-2022 年十年來，龍潭測站是溫度上升趨勢最多的一個測站，而鄰近的大溪、八德與平鎮測站溫度上升趨勢是次多的情況，顯示靠近桃園市山區的龍潭、大溪、與平鎮地區可能有普遍性都市溫度上升趨勢較其他區域為多的情形。

根據圖三十七，2012-2022 年 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢最多的測站為中壢測站，雨量上升趨勢次高者為蘆竹測站，而復興、龍潭、平鎮、楊梅與桃園測站 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢情形都低於平均值至三個標準差之間，甚至山區的復興及靠近山區的龍潭、平鎮、楊梅測站十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢是負的(如圖十二、十六、二十、二十一)，但平地如新屋、觀音、蘆竹、龜山、中壢、和八德測站的十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢都高於平均值至三個標準差之間(如圖三十七)。

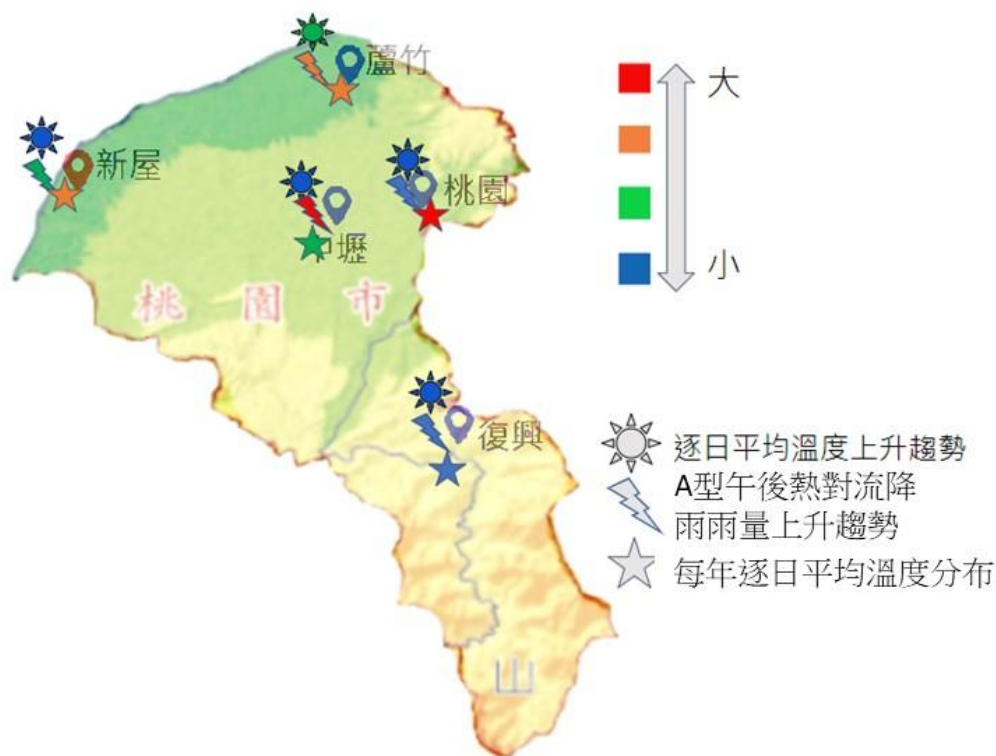
若將 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢(如圖三十七)與十年來逐日溫度平均值分布(如圖九)的測站做一個比對，會發現溫度比較高的測站(如新屋、蘆竹、桃園及八德測站)都有 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢較多的情況，特別的是，有可能位於熱島效應附近的中壢測站，雨量上升趨勢是最多的。

因此，我們推論 2012-2022 年十年來平地的熱島效應造成午後熱對流降雨雨量有上升的趨勢，因熱對流降雨已下在平地區域，導致山區的熱對流降雨就會有減少的趨勢。而嚴文懋（民 104）的文獻中提到，熱島效應是因都市區域的氣溫會高於鄰近的山區地區，像一個由高溫形成的島嶼，在氣象學中稱之為「都市熱島效應」。熱島效應會造成都市的氣溫高於山區，因而加強都會區的對流系統，造成雨還沒到達山區就已經下完了（如圖四十）。我們的發現與嚴文懋（民 104）有非常類似的情形。



圖四十 熱島效應導致空氣提前抬升（引用自 Lin 等人, 2008）

另外，我們分別比較新屋測站與蘆竹，中壢及桃園測站，與復興測站等五個測站十年來逐日平均溫度分布、十年來逐日平均溫度上升趨勢及十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢的程度(如圖四十一)。

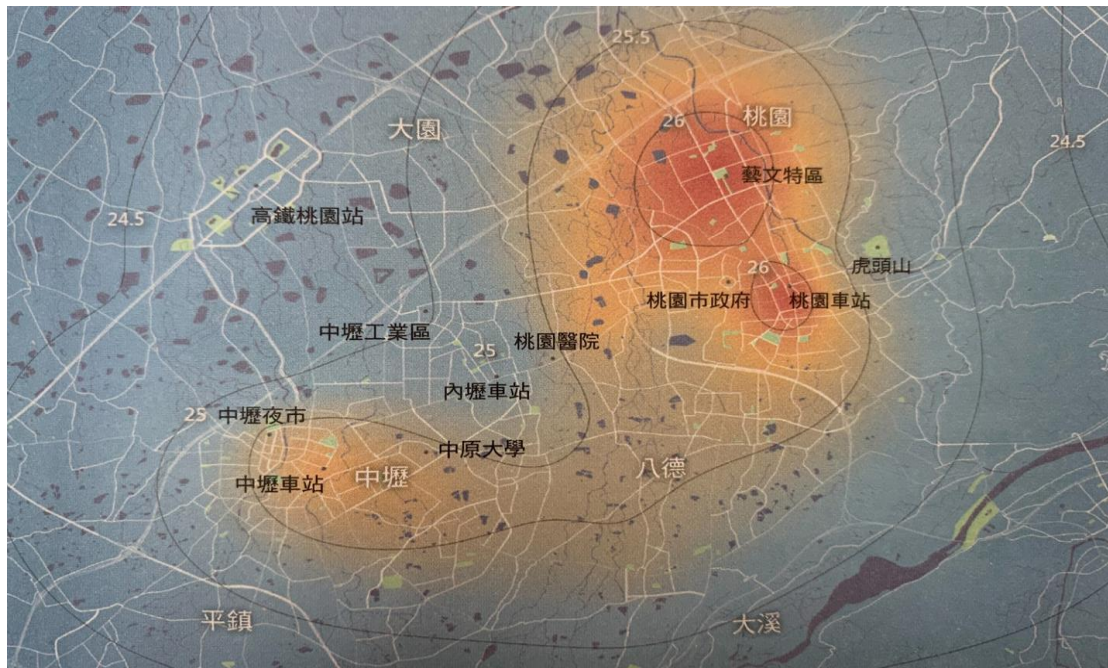


圖四十一 2012-2022 年新屋、蘆竹，中壢、桃園與復興測站五個測站十年來逐日平均溫度分布、十年來逐日平均溫度上升趨勢及十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢的程度比較圖

新屋站為氣象局新設立的標準測站，而蘆竹測站則接近林口台地，兩個測站位置都比較偏向海邊。如圖四十一顯示，新屋與蘆竹十年來的平均逐日溫度每年的平均是差不多的，但新屋與蘆竹十年來的 A 型午後熱對流降雨是蘆竹較高，逐日平均溫度上升趨勢也是比新屋來的高。因此，我們推論可能是蘆竹人口由 2012 年的 146779 人增加至 2022 年 166300 人，較新屋的 2012 年 48276 人增加至 2022 年 49205 人，增長的更快速，都市化的程度也比較大，使得都市氣溫上升後，造成午後熱對流降雨雨量上升趨勢更多。

我們也分別比較中壢及桃園測站。中壢、桃園測站位於熱島效應的核心。在圖四十一中，中壢測站雖然氣溫沒有桃園測站高，但是中壢測站 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢比桃園測站高許多。在林子平(2021)描述桃園市的熱島效應呈現雙核心的情況，所以中壢測站十年來氣溫分布應該與桃園測站不相上下，但是林子平(2021)認為中壢與八德地區因為有

眾多的埤塘在調節氣溫，所以夜間時中壢的溫度降得比桃園多(如圖四十一)。也因此有可能造成本研究中，中壢測站十年來的逐日平均氣溫低於桃園測站。因為中壢較桃園偏西方，我們推論有可能午後熱對流降雨降在中壢的雨量越來越多，導致桃園的午後熱對流降雨雨量上升趨勢不高。而在曾維德、廖學誠(民 106)應用新聞報導內容分析探討桃園市的自然災害特性的文獻中，在 1986-2015 年間統計桃園市各區發生水災的次數，以中壢區最多(如圖四十二)，與本研究的發現有高度類似情況。



圖四十一 桃園市都會區秋季夜間平均氣溫分布圖取自：林子平(2021)，都市的夏天為什麼愈來愈熱？

區域	土石流	崩塌	水災	風災	旱災	總計
復興區	44	116	23	37	1	221
大溪區	21	22	34	20	1	98
龍潭區	4	4	25	8	4	45
桃園區	2	5	69	13	2	91
龜山區	15	16	53	10	10	104
八德區	1	1	29	16	2	49
中壢區	0	11	92	22	6	131
平鎮區	0	1	42	15	6	64
楊梅區	3	3	26	5	6	43
蘆竹區	0	10	46	17	4	77
大園區	0	2	58	14	6	80
觀音區	0	0	27	13	7	47
新屋區	0	1	33	12	4	50
總計	90	192	557	202	59	1,100

圖四十二 桃園市各區 1986-2015 年間災害報導次數統計，取自：曾維德、廖學誠(民 106)

綜合新屋、蘆竹，中壢、桃園與復興測站，以桃園測站的十年來逐日平均溫度分布最高，以蘆竹測站的十年來逐日平均溫度上升趨勢最高，以中壢測站十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢最高。而這五個測站中唯一位於山區的復興測站，不管在十年來逐日平均溫度分布、十年來逐日平均溫度上升趨勢及十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢，都排在五個測站的最末位，顯示山區的熱對流降雨雨量與逐日平均溫度上升趨勢，與平地或海邊測站相比都有不及的情況。

柒、結論

- 一、2012-2022 年桃園市 12 個測站每年 6 到 8 月的平均逐日溫度分布情形，以桃園測站最高，新屋、蘆竹和八德測站次之，都市熱島效應可能發生於桃園測站附近。
- 二、2012-2022 年桃園市 12 個測站 6-8 月各個測站十年來逐日平均溫度趨勢的標準差比較，由高到低分別為：龍潭高出一到兩個標準差；平鎮、觀音、蘆竹、大溪、八德高出一個標準差以內；中壢、桃園、新屋、復興低於一個標準差以內；楊梅、龜山低於一到兩個標準差以內。十年來逐日平均溫度上升趨勢以龍潭測站最高，平鎮、觀音、蘆竹、大溪、八德測站次之，楊梅及龜山測站最低。
- 三、2012-2022 年桃園市 12 個測站 6-8 月各個測站十年來 A 型午後熱對流降雨雨量趨勢的標準差比較，由高到低分別為：中壢測站雨量高出了兩到三個標準差；蘆竹測站則是高出

一到兩個標準差；新屋、觀音、八德、大溪和龜山高出一個標準差以內；桃園、平鎮、龍潭、復興低於一個標準差以內；楊梅低於兩到三個標準差。十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢以中壢測站最高，復興、龍潭、平鎮、楊梅測站上升趨勢為負的。

四、桃園市的平地測站(如新屋、觀音、蘆竹、龜山、中壢和八德測站)因都市熱島效應導致十年來雨量上升的趨勢較多，而靠近山區或位於山區的測站(如復興、龍潭、平鎮、楊梅測站)十年來雨量卻有減少的趨勢。

五、位於海邊的蘆竹測站與新屋測站相比，蘆竹測站十年來逐日平均溫度與午後熱對流降雨雨量上升趨勢皆比新屋測站來的高，可能是靠近山區，容易發生午後對流且都市化程度較高，有較多的都市熱島效應。

六、位於都市的中壢測站與桃園測站相比，中壢測站在每年 6 到 8 月的平均逐日溫度分布情形，雖然沒有桃園測站高，但是十年來 A 型午後熱對流降雨雨量上升趨勢較桃園測站多。可能是中壢測站位於桃園測站西方，因雙核心的都市熱島效應，午後熱對流降雨先下在中壢，使得中壢測站十年來雨量上升趨勢比桃園測站高很多。

七、唯一位於山區的復興測站，不管在逐日平均溫度分布、逐日平均溫度上升趨勢及 A 行午後熱對流降雨雨量上升趨勢，都比在平地或海邊測站還低。

推測造成 2012-2022 年桃園市平地與山區熱對流降雨降雨量的異常變化有可能與都市熱島效應有關。我們的都市正面臨越來越現代化，隨著發展，柏油路漸漸變多，都市污染日益嚴重，都市的高樓導致能提供有效散熱的地方逐漸減少，使得空氣溫度逐漸升到比附近溫度要來的高，所以才會造成空氣在到達了中壢區附近的時侯，空氣提前受熱上升，提前降雨，導致其餘區域降雨因而受到影響而減少。

未來我們希望能夠加入更多的考量因素，例如海溫、氣壓、風速和風向等等，探討與午後熱對流降雨的關係，或者試著研究在其他的月份內是否也有此情形發生。

捌、參考資料及其他

- 楊欣豪、曾梓僑（民 100）。**「雨」出驚人—台灣地區降雨型態及變遷的探討**。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 嚴文懋（民 104）。**衛星資料探討台南都市發展在熱島效應及區域降雨型態之影響**〔未出版之碩士論文〕。國立中央大學太空科學研究所。
- 王安翔、龔楚嫻、吳宜昭、黃柏誠、于宜強（2016 年 7 月 22 日）。**台灣地區短延時強降雨事件氣候特性分析**。**國家災害防救科技中心災害防救電子報**第 132 期。
<https://www.ncdr.nat.gov.tw/UploadFile/Newsletter/20160811155303.pdf>
- 洪敬宏、張裕珍、魏翊庭、鄭維真、鄭朝陽（2019 年 6 月 18 日）。**哪裡最熱？暴雨、落雷兩把刀一張圖看大台北熱島分布**。聯合報系願景工程。
取自：<https://futurecity.cw.com.tw/article/782>
- 曾維德、廖學誠（民 106）。**應用新聞報導內容分析探討桃園市的自然災害特性**。**工程環境會刊**，(37)，76-92。
<http://www1.geo.ntnu.edu.tw/~liaw/liawweb/Publication/TsengWD-2.pdf>
- 林品芳、張保亮、周仲島（民 101）。**弱綜觀環境下台灣午後對流特徵及其客觀預報**。中央氣象局氣象衛星中心、國立台灣大學大氣科學研究所。
<http://mopl.as.ntu.edu.tw/web/ASJ/40/40-1-4.pdf>
- 林子平、尤思喻、王柳臻、陳秉鈞、歐星妤、蔡沛淇、趙立衡（2022 年 8 月 31 日）。**都市熱島：IPCC WGII 導讀**。臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/upload/activity_agenda/20220908164222.pdf
- 行政法人國家災害防救科技中心。**極端颱風事件的觀測**。氣候變遷災害風險調適平台。取自：<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/ClimateDetail/BAL0000007>
- 林子平（2021）。**都市的夏天為什麼愈來愈熱？**商周出版社。
- Lin, C. Y., Chen, W. C., Liu, S. C., Liou, Y. A., Liu, G. R., & Lin, T. H. (2008). Numerical study of the impact of urbanization on the precipitation over Taiwan. *Atmospheric Environment*,42(13), 2934-2947.

【評語】 030510

溫度的分析需要考慮細分到上午、午前，晚上等等，以日平均溫度會受到下雨等過多因素的影響而產生誤差。

觀察仔細，水災因素不能當作直接證據，還需考慮其他因素的影響。

作品海報

壹、研究動機

台灣是一個四季常有雨的國家，降雨這件事情對我們來說已經是稀鬆平常的一個現象，台灣地區的降雨常見有梅雨、颱風、低氣壓及午後熱對流降雨。而梅雨、颱風、低氣壓比較容易受到中、大尺度的環流影響，但是午後熱對流降雨在一些文獻裡，例如嚴文懋（民104）與洪敬宏（民108）等提及，可能會因為小尺度的都市熱島效應影響，造成降雨分布的改變。經過討論後，我們決定展開一系列調查與探討，研究2012-2022年桃園市的熱對流降雨的雨量與逐日平均溫度在近十年的變化，想印證桃園市是否有都市熱島效應，以及是否因都市熱島效應導致降水分布的改變，造成異常。

貳、研究目的

- 一、觀察桃園市12個測站2012-2022年6~8月逐日平均溫度的變化，是否存在有都市熱島效應。
- 二、觀察桃園市12個測站2012-2022年6~8月午後熱對流降雨雨量變化與逐日平均溫度變化的關係。

參、研究設備及器材



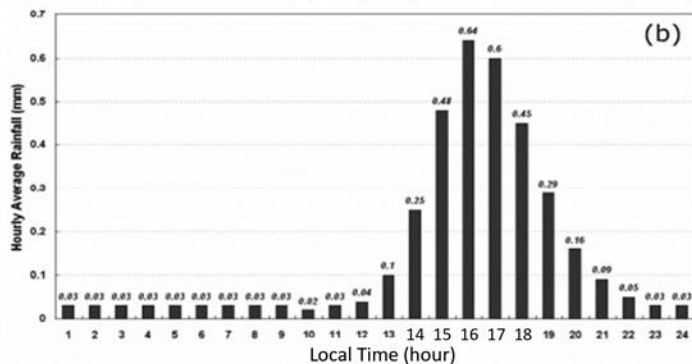
電腦及網際網路



Microsoft Office Excel 軟體

肆、研究過程或方法

- 一、至中央氣象局觀測資料查詢系統蒐集桃園市內測站資料，並把所有桃園市內不可用的測站先去除，共有12個可用測站。
- 二、依據王安翔等（民105），將發生於6-8月的午後熱對流降雨分成A、B兩型。經由討論後，我們採用了林品芳、張保亮、周仲島（民101）的文獻，裡面談到：1400 LST時，對流活動已發生於雪山和中央山脈的西側斜坡上，一小時後（1500 LST），對流區域逐漸擴大且對流活動更頻繁，此現象持續至1600 LST，1700 LST後，北台灣的對流活動開始減少（如圖一），所以A型午後熱對流降雨的資料比較符合所謂的夏季午後熱對流降雨。



圖一 所有雨量站之平均時雨量之日變化。取自q林品芳、張保亮、周仲島（民101）。

- 三、查找中央氣象局的雨量月報資料（如圖二），將桃園市的12個可用測站2012年到2022年6~8月的A型當天的雨量總和、逐日平均溫度資料放入excel做整理（如圖三）。

圖二 桃園測站2022年6月份雨量月報表

日期	新屋雨量A	日期	新屋溫度平均
2013年6月25日	0.5	2012年6月1日	24.8
2013年7月15日	1.5	2012年6月2日	24.8
2013年8月16日	3	2012年6月3日	24.5
2014年7月31日	9	2012年6月4日	24.6
2014年8月31日	9	2012年6月5日	25.3
2015年8月5日	0.4	2012年6月6日	26.2
2015年8月28日	0.5	2012年6月7日	27.4
2016年7月11日	0.1	2012年6月8日	28.8

圖三 以新屋的午後熱對流降雨數據與逐日平均溫度數據為例

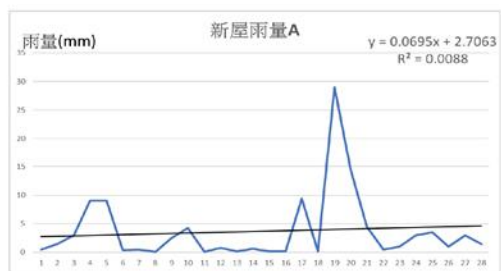
- 四、若午後熱對流降雨雨量出現異常極端值（如圖四），則確認是否為颱風、鋒面降雨及，如果不是異常極端值則留下。接著把逐日平均溫度異常的資料（如圖五）給去除，留下其餘可用的資料。

2013年8月14日	12
2013年8月20日	246.5
2013年8月21日	102
2013年8月23日	12.5

圖四 紅色標註極端值

圖五 異常資料（如圖中x處）

- 五、把處理好的數據轉換成2012-2022年十年來的折線圖，並運用一元一次方程式，將折線圖中趨勢線的斜率（ $y=ax+b$ 裡的“a”）取出，並運用12個測站斜率的平均值與標準差來互相比較（如圖七）。



圖六 以新屋測站為例，黑線為趨勢線

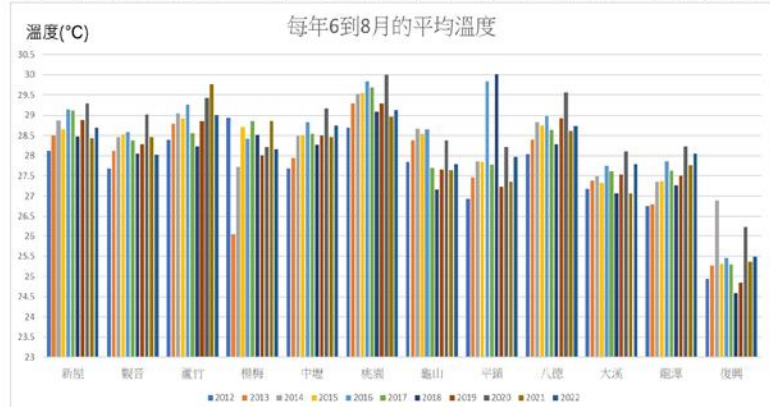
	新屋	觀音	蘆竹	楊梅	中壢	桃園	龜山	平鎮	八德	大溪	龍潭	復興
降雨	0.0002	0.0005	0.0008	-0.0005	0.0010	0.0002	-0.0006	0.0005	0.0007	0.0004	0.0009	-0.0004
標準差	-0.0001	0.0002	0.0005	-0.0008	0.0007	-0.0001	-0.0009	0.0002	0.0004	0.0001	0.0006	-0.0004

圖七 各測站逐日平均溫度或午後熱對流降雨雨量折線圖中趨勢線斜率（a）的平均值與標準差

- 六、計算2012-2022年各年6到8月的逐日溫度平均值（如圖八），並繪製成各測站十年來的長條圖（如圖九）來做對比。

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
新屋平均	28.11848	28.50109	28.86522	28.65	29.14783	29.11304	28.47391	28.88152	29.29022	28.44239	28.69457

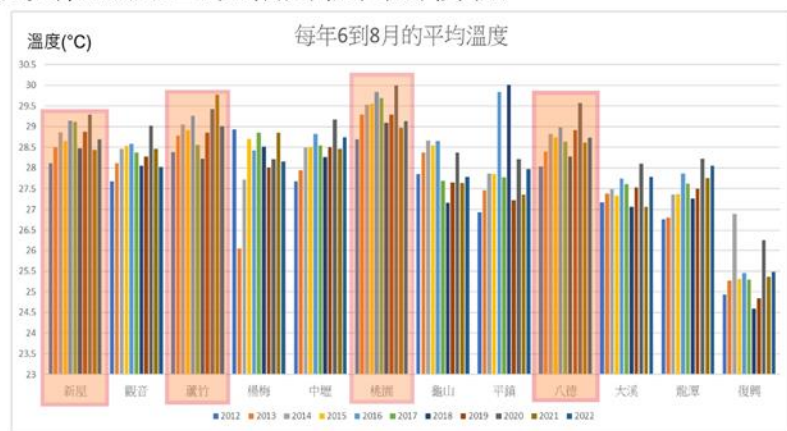
圖八 以新屋測站為例，2012-2022年各年6到8月逐日溫度的平均



圖九 2012-2022年12個測站每年6到8月的平均逐日溫度長條圖

伍、研究結果

由圖十可看出，2012-2022年每年6-8月各測站平均溫度的分布，桃園測站是所有測站中十年來溫度分布最高的測站，而新屋、蘆竹和八德測站十年來溫度較其他測站呈現相對較高的情況。



圖十 2012-2022年12個測站每年6到8月的平均逐日溫度長條圖（塗色測站為對比用測站）

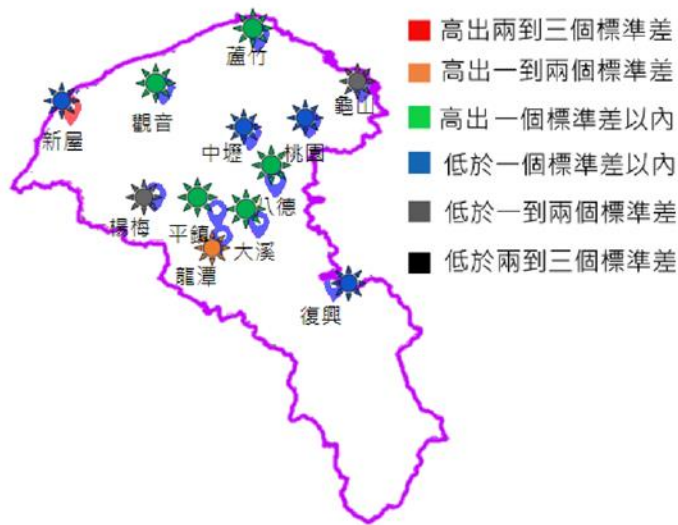
我們篩選出了所有測站的A型午後熱對流降雨雨量資料以及逐日平均溫度資料，並把十年來趨勢線的斜率取出做成標準差比較。

逐日平均溫度趨勢線斜率標準差數據

從2012年到2022年6到8月逐日平均溫度趨勢線斜率的標準差看起（如圖十），可以發現龍潭高出一到兩個標準差；平鎮、觀音、蘆竹、大溪、八德高出一個標準差以內；中壢、桃園、新屋、復興低於一個標準差以內；楊梅、龜山低於一到兩個標準差以內。我們將不同的標準差與平均值間距以不同的顏色標記在桃園市12個測站位置圖中（如圖十一）。

負3個標準差	負2個標準差	負1個標準差	平均值	正1個標準差	正2個標準差	正3個標準差
		楊梅		新屋	觀音	龍潭
	龜山			中壢	蘆竹	
				桃園	平鎮	
				復興	八德	
					大溪	

圖十一 2012-2022年逐日平均溫度標準差數據



圖十二 2012-2022年逐日平均溫度趨勢線斜率的標準差分布與測站位置重疊圖

午後熱對流降雨趨勢線斜率標準差數據

2012-2022年6到8月午後熱對流降雨趨勢線斜率的標準差資料（如圖三十六），可以發現中壢測站雨量高出了兩到三個標準差，是測站裡面最高的；蘆竹測站則是高出一到兩個標準差；新屋、觀音、八德、大溪和龜山高出一個標準差以內；桃園、平鎮、龍潭、復興低於一個標準差以內；楊梅低於兩到三個標準差。我們將不同的標準差與平均值間距以不同的顏色標記在桃園市12個測站位置圖中（如圖三十七）。

負3個標準差	負2個標準差	負1個標準差	平均值	正1個標準差	正2個標準差	正3個標準差
				平鎮	新屋	蘆竹
				龍潭	觀音	中壢
				復興	龜山	
				桃園	八德	
					大溪	

圖十三 2012-2022年午後熱對流降雨標準差數據



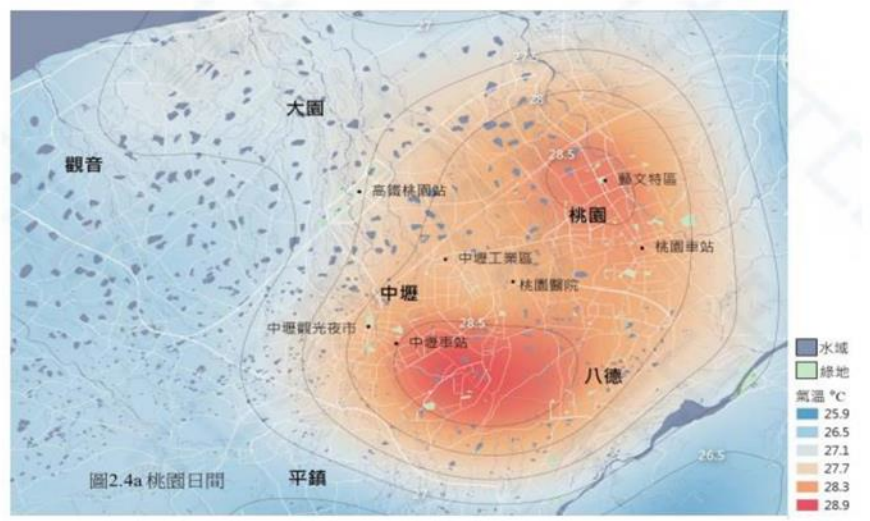
圖十四 2012-2022年午後熱對流降雨趨勢線斜率標準差分布與測站位置重疊圖

陸、討論

根據圖九，我們將2012-2022年每年6-8月逐日溫度的平均溫度分布長條圖中，溫度分布最高的桃園測站及其餘溫度分布相對較高的蘆竹、八德、新屋測站以不同顏色的記號標示於桃園市各測站位置圖上（如圖十五）。發現桃園市2012-2022年十年來溫度較其他測站高，有可能發生熱島效應的區域應該在桃園測站附近，這與林子平（2021）所提及桃園市的都市熱島效應主要位於中壢火車站以東、桃園區市區及部分八德區有相類似的情況（如圖十六）。



圖十五 2012-2022年每年逐日溫度平均值較高的測站分布圖



圖十六 桃園市秋季日間平均氣溫分布圖，取自：林子平（2021）都市的夏天為什麼愈來愈熱？

逐日平均溫度標準差的結果可看出：（圖十一、十二）

1. 靠近桃園市山區的龍潭、大溪、與平鎮地區可能有普遍性都市溫度上升趨勢較其他區域多的情形。

午後熱對流降雨標準差的結果可看出：（圖十三、十四）

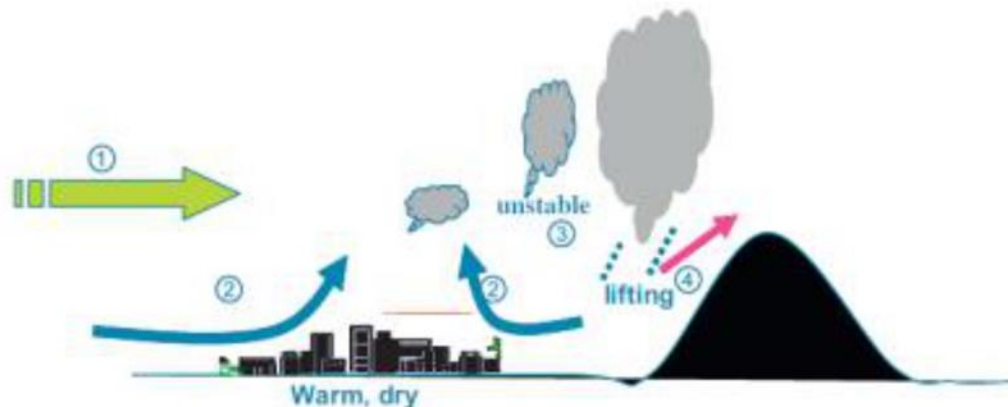
1. 雨量上升趨勢最多的測站為中壢測站
2. 山區的復興及靠近山區的龍潭、平鎮、楊梅測站雨量上升趨勢是負的
3. 平地如新屋、觀音、蘆竹、龜山、中壢和八德測站雨量上升趨勢都高於平均值至三個標準差之間

午後熱對流降雨標準差對比逐日溫度平均值可看出：（圖十、十三、十四）

1. 溫度比較高的測站（如新屋、蘆竹、桃園及八德測站）都有午後熱對流降雨雨量上升趨勢較多的情況
2. 有可能位於熱島效應附近的中壢測站，雨量上升趨勢是最多的

嚴文懋（民104）的文獻中解釋都市熱島效應：

熱島效應是因都市區域的氣溫會高於鄰近的山區地區，像一個由高溫形成的島嶼，在氣象學中稱都市熱島效應」。熱島效應會造成都市的氣溫高於山區，因而加強都會區的對流系統，造成雨在到達山區之前，就有提前降雨，導致山區的雨量因而減少（如圖十七）



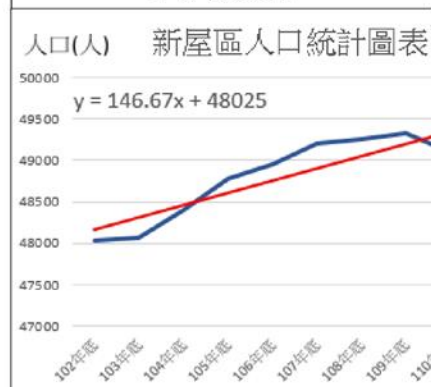
圖十七 熱島效應導致空氣提前抬升（引用自Lin 等人, 2008）

我們的研究結果與嚴文懋（民104）有非常類似的情形，因此，我們推論2012-2022年十年來平地的熱島效應造成午後熱對流降雨雨量有上升的趨勢，因熱對流降雨已下在平地區域，導致山區的熱對流降雨就會有減少的趨勢。

另外，我們分別比較新屋測站與蘆竹，中壢及桃園測站，與復興測站等五個測站十年來逐日平均溫度分布、十年來逐日平均溫度上升趨勢及十年來午後熱對流降雨雨量上升趨勢的程度（如圖十八）。

比較新屋測站與蘆竹測站：

	新屋測站	蘆竹測站
代表性	標準測站	林口台地附近
位置	偏向海邊	偏向海邊
平均逐日溫度長條圖高度	差不多	差不多
午後熱對流降雨上升趨勢	較低	較高
逐日平均溫度上升趨勢	較低	較高



圖十八 2012-2022年新屋、蘆竹，中壢、桃園與復興五個測站十年來逐日平均溫度分布、十年來逐日平均溫度上升趨勢及十年來午後熱對流降雨雨量上升趨勢的程度比較圖

我們推論可能是蘆竹人口增加較新屋快速，都市化的程度也比較大，使得都市氣溫上升後，造成午後熱對流降雨雨量上升趨勢更多。

比較中壢及桃園測站：

林子平（2021）認為中壢與八德地區因為有眾多的埤塘在調節氣溫，所以夜間時中壢的溫度降得比桃園多（如圖十九）。

因為中壢較桃園偏西方，我們推論有可能午後熱對流降雨降在中壢的雨量越來越多，導致桃園的午後熱對流降雨雨量上升趨勢不高。

在曾維德、廖學誠（民106）應用新聞報導內容分析探討桃園市的自然災害特性的文獻中，在1986-2015年間統計桃園市各區發生水災的次數，以中壢區最多（如圖二十），與本研究的發現有高度類似情況。

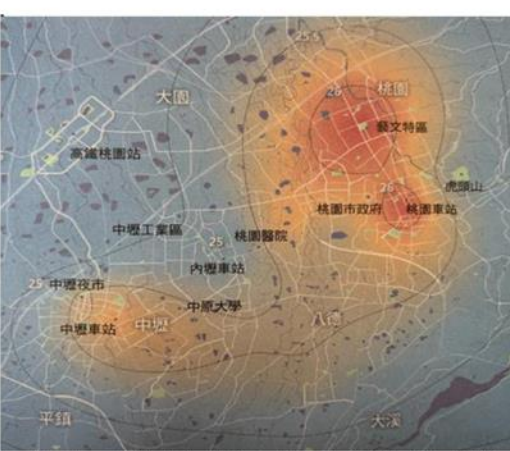
綜合新屋、蘆竹，中壢、桃園與復興測站：

蘆竹：逐日平均溫度上升趨勢最高

中壢：午後熱對流降雨雨量上升趨勢最高

復興測站：逐日平均溫度分布、逐日平均溫度上升趨勢、午後熱對流降雨雨量上升趨勢，排在五個測站的最末位，顯示山區的熱對流降雨雨量與逐日平均溫度上升趨勢，與平地或海邊測站相比都有不及的情況。

	中壢測站	桃園測站
位置	熱島效應的核心	熱島效應的核心
平均逐日溫度長條圖高度	較低	較高
午後熱對流降雨上升趨勢	較高	較低



圖十九 桃園市都會區秋季夜間平均氣溫分布圖取自：林子平（2021），都市的夏天為什麼愈來愈熱？

區域	土石流	崩塌	水災	風災	旱災	總計
復興區	44	116	23	37	1	221
大溪區	21	22	34	20	1	98
龍潭區	4	4	25	8	4	45
桃園區	2	5	69	13	2	91
龜山區	15	16	53	10	10	104
八德區	1	1	29	16	2	49
中壢區	0	11	92	22	6	131
平鎮區	0	1	42	15	6	64
楊梅區	3	3	26	5	6	43
蘆竹區	0	10	46	17	4	77
大園區	0	2	58	14	6	80
觀音區	0	0	27	13	7	47
新屋區	0	1	33	12	4	50
總計	90	192	557	202	59	1,100

圖二十 桃園市各區 1986-2015 年間災害報導次數統計取自：曾維德、廖學誠（民106）

柒、結論

推測造成2012-2022年桃園市平地與山區熱對流降雨雨量的異常變化有可能與都市熱島效應有關。我們的都市正面臨越來越現代化，隨著發展，柏油路漸漸變多，都市污染日益嚴重，都市的高樓導致能提供有效散熱的地方逐漸減少，使得空氣溫度逐漸升到比附近溫度要來的高，所以才會造成空氣在到達了中壢區附近的時候，空氣提前受熱上升，提前降雨，導致其餘區域降雨因而受到影響而減少。

未來我們希望能夠加入更多的考量因素，例如海溫、氣壓、風速和風向等等，探討與午後熱對流降雨的關係，或者試著研究在其他的月份內是否也有此情形發生。