

台灣地區不同年代際氣候變異之分析探討

蕭新浴¹ 徐天佑²
中國文化大學地學研究所

摘要

由於全球快速工業化及城市化的結果，不僅改變了生態環境，尤有進者，全球溫室氣體含量急劇增加，使得地球大氣環境遭受空前未有的浩劫，導致全球暖化問題日益嚴重，台灣是世界的一部分，很難置身其外。雖然台灣各城市同受全球暖化效應的影響，但各城鎮因地理環境的不同，造成台灣局部地區大氣環境的差異，形成各地不同的氣候變化，係本研究的重點之一。台灣地區的工業發展由重建恢復時期、進口替代時期、出口擴張期、重工業發展期、到高科技工業發展期，時間從1950年到2000年，台灣由原本農業社會邁向高科技工業社會，導致台灣地區的工業化及城市化相當明顯，而各城鎮本身發展的快慢及各城市之獨特性，是否因而產生局部地區氣候變遷的異同，係本研究的重點之一。

工業化的結果，將原本對自然環境影響不大的社會型態，變為嚴重影響環境的破壞者。因此台灣地區在本身都市化與工業化所產生的影響下，再加上全球暖化效應所產生的雙重影響，致使區域氣候變化特別明顯。本研究針對台灣地區工業化開始後，以兩個不同年代加以分析：(1)1961年到1970年、(2)1991年到2000年，即由早年的工業出口擴張年代至晚近的產業分工高科技年代，從以上兩個不同的年代，比較兩個不同十年的氣候平均值，從而探討(1)城市本身的氣候變化，(2)不同城市間的氣候差異，藉以比較工業化及全球暖化影響下，台灣地區局部氣候變化的異同。研究資料包括溫度、降雨、日照等氣象因子，研究的地區包括台灣本島、外島等地區。初步結果發現城市溫度、氣候變化越大，且本島變化大於外島冬季最高平均溫度上升所產生的結果。

關鍵字：氣候、工業化、城市化

1 中國文化大學地學研究所博士候選人 E-mail: hyhsiao@cute.edu.tw

2 通訊作者 E-mail: xmars@ms38.hinet.net

壹、前言

氣候變遷有自然因素、人為因素等多種因素，自然變化因素雖然無法由人為控制，但可能人為與自然因素交互作用，影響氣候變遷，主要因人類活動的結果，往往改變氣候的自然變化規律。目前人為所引起的暖化程度甚難精準量化，僅能由數值模擬加以推估，但氣候變化所呈現的最終結果，卻可利用量測數據確切偵測，因此本文特注重在全球暖化效應的前提下，比較台灣地區工業化與城市化前後之氣候差異，加以探討並進行分析研判。

工業革命後，全球工業快速發展，至二十世紀末葉城市化速度更急速增加，結果不僅改變了生態環境，且使大氣成份改變，最明顯者，溫室氣體大量增加，導致全球氣溫不斷上升，各地極端值天氣，如酷冷、酷熱的強度，豪大雨及強風雪的頻率等現象有逐漸增加的趨勢。

氣候為長時間的天氣平均值，氣候的平

均值可以濾除短時間的天氣變化，僅保留長時間的氣候特性(林本達、黃建平 1994)。而長時間的氣候現象係受大氣環流所控制，近年來影響大氣環流的因子有所改變，如溫室氣體的增加，導致氣候平均值也有所改變，進而可能威脅物種的生存環境。

台灣地區今日的工業化發展過程可謂近五、六十年的事，光復初期台灣地區為農業社會，進入工業化社會的發展過程，可分為重建恢復時期、進口替代時期、出口擴張時期、重工業發展時期、高科技發展時期等數個階段(李薰楓 1995、郭大玄 2005)，在工業化過程之後，對台灣地區環境氣候所產生的影響係本研究探討的重點。由於台灣各地所處的地理環境不同，且城市化與工業化各階段對台灣各地環境的影響也有差異，因而導致各局部地區氣候變化產生不同的影響。而本研究另一重點除比較兩個不同的年代，台灣各局部地區氣候變化的差異外，並推論產生氣候差異的可能原因。而本研究的「年代」時間尺度定義，其時間長度即一般所稱的十年(decadal)為量測尺度。

動，借以了解引起氣候變遷的原因(張泉湧 1995)。而近年來更由於社會發展及各項建設進步快速，對災害防治的要求也不斷提高，致使氣象學家不僅想瞭解和預測季節和年際間時間尺度的氣候變化，而且也十分關注更長的時間尺度的氣候變化，尤其是年代際的時間尺度變化與可預測程度(尤崇銀 2000)，以因應未來較長時間的氣候變化，達成減低氣象災害。

姜道章(2004)譯述 Hartshorne 對氣候學中的觀點，指出氣候地理學基本上所描述任何已發生的氣候概況，皆由資料而得，這些資料所包含的內容遠超過現有知識，因此如何找出氣候波動變化的要素，要選擇適當的計算方法並把其他有關的地理現象及其演變過程聯繫起來，方能了解氣候或天氣現象的物理過程。本研究主要目的在利用中央氣象局觀測資料，並結合天候系統統的變化，對不同的年代台灣各區域的工業化及城市化發展所造成的差異，再加以全球暖化的關係，形成台灣各區域的氣候異質性，並透過分析比較局部氣候變化的趨勢與氣候變動的異同。

參、台灣地區的氣候變遷

一、研究方式與使用資料

台灣是世界的一環，而其氣候變遷受全球環境變化的影響甚大，根據 IPCC 的研究報告，全球溫室氣體不斷增加，而全球平均溫度也持續上升。丁一應、張錦、徐影(2003)探討中國大陸百年來的氣溫變化，發現 1880 年代至 1910 年代為持續低溫期，1920 年代至 1940 年代為又一低溫期，而 1970 年代末至 20 世紀末為第二高溫期，尤其 1990 年代是最暖的十年，氣溫變化呈現出波動現象。台灣鄰近中國大陸，且受全球暖化效應的影響，但各區域平均溫度雖然持續上升，但平均溫度各不同，而且台灣各區域年平均溫度差異更大，而且冬夏季平均氣溫也並不一致，因此台灣各年代氣候變化的差異不異，成為本文研究的重點。本文針對台灣地區工業化起飛之前後年代由 (1) 1961 年到 1970 年；以及高科技發展年代由 (2) 1991 年到 2000 年，利用兩個十年觀測資料的氣候圖平均數值加以分析探討。本研究之製表、製圖及彙整的資料時間為 1961 年至 1970 年，以及彙整的資料時間為 1991 年至 2000 年。表 1 中數據為摘自「氣象報告彙編」第

三篇之資料，表一中顯示台北地區 1961 至 1970 年各年各年平均溫度、降雨及日照等值，其前十年之平均溫度為 22.2°C，溫度變化在 -0.4°C 至 +0.5°C 之間，降雨量之前十年年平均值為 1972 mm，日照之前十年平均值为 1660.1 小時。

表 2 中數據為摘自「氣象報告彙編」第六篇之資料，表二中顯示台北地區 1991 至 2000 年各年各年平均溫度、降雨及日照等值，其後十年之平均溫度為 22.9°C，溫度變化在 -0.7°C 至 +0.7°C 之間，平均溫度較前十年增加 0.7°C，降雨量之後十年平均值为 2406.3 mm，較前十年增加 434.3 mm，日照減之後十年平均值为 1316.4 小時，較前十年減少 343.7 小時。而其餘各地年平均溫度、降雨量直接列出，但本研究之運算資料均由「氣象報告彙編」中直接引用加以分析。

台灣地區的工業化過程及所述，經工業進口替代時期、出口擴張時期、重工業造成時期、進入高科技工業等時期，工業所產生的汙染也越來越嚴重。梁啟源(2008)探討的氣候變遷對台灣經濟的影響，指出台灣地區溫室氣體的排放，其中二氧化碳佔 74%，而台灣地區二氧化碳的總排放量佔全球 1%，為全球第 21 名，人均排放量僅第 18 名，此乃高度工業發展而未嚴格實施環保的結果。有鑑於此，因此政府已在民國 94 年(2005 年)增修訂發布「揮發性有機物空氣污染管制及排放標準」、「中小工業廢棄物焚化爐實施管制及排放標準」、「加油站油灰回收私場所管理辦法」、「新設鋼鐵業煉鋼高污染源申請設置、變更及操作許可固定污染源各項法規以減少固定污染源對環境的污染(張國龍 2005)。台灣的工業化過程，由 1961 年到 1970 年係出過擴張時期，而 1991 年到 2000 年係出過擴張時期，而轉為高科技產業分工年，對環境污染破壞代為甚大。因此由輕工業之 1961 年至 1970 年，而後再進入高科技、重工業之商業環境不同，本島與外島地區氣候的差異，較台北地區不同，本島與外島地區氣候的差異，較台北地區不同，本島與外島地區氣候的差異，較台北地區不同。

1961 年到 1970 年係出過擴張時期，而 1991 年到 2000 年係出過擴張時期，而轉為高科技產業分工年，對環境污染破壞代為甚大。因此由輕工業之 1961 年至 1970 年，而後再進入高科技、重工業之商業環境不同，本島與外島地區氣候的差異，較台北地區不同，本島與外島地區氣候的差異，較台北地區不同，本島與外島地區氣候的差異，較台北地區不同。

氣型態上有無實質的差異，因此特加以檢證。因台灣地區處於太平洋西邊，亞洲大陸東南方，受不同天氣系統的影響，因而在時間上，氣候變化會否有強烈的關聯性，值得探討。因本研究探討的前後兩個十年，中間相隔 20 年，以目前所發現較長期天氣系統的週期，如南方震盪所產生的太平洋暖海聖嬰(ENSO)效應，其週期平均約 2 至 7 年發生一次(魏國彥、許昆雄，1997)，因此前後兩個十年相隔 30 年，可視為互不影響的獨立事件。再利用 t 檢驗方式(梁新善 1991)加以驗證，以檢驗前後兩個十年是否屬於不同溫度的氣候型態。台北地區由前十年的氣溫平均值 22.2°C (如表 1 所示)，後十年的氣溫平均值 22.9°C (如表 2 所示)，經計算所得之 t 值為 3.889。因其自由度 d.f. = 10 + 10 - 2 = 18，採雙翼檢驗 0.005 之鑑定範圍，查 t 檢驗表其 t 值為 2.878，小於計算之 t 值 3.889，因此在百分之 99.995 的信賴區間下，至少在統計上可採信台北地區前後兩個十年，為兩個不同溫度屬性的氣候型態。而其產生的因素有人為及自然等各種效應，也可能各種因素產生交互作用，因而形成台北地區的氣溫變遷。表 3 中淡水地區的溫度平均值，前後兩個十年未變，若以 t 檢驗發現前後兩個十年的溫度變化，為相同屬性的氣候型態，與台北氣溫型態相比，顯示台灣地區氣候變化，有局部性各自變化的特性。因此本研究主要目的即在探討台灣各地氣候變化的差異情形，以及其可能影響的天氣系統。

二、台灣地區氣候變化之差異性

台灣地區的城市化與工業化，各地不盡相同，致使各地地理環境產生不同的影響。台北與高雄兩城市為台灣地區人口最多，工業化最具規模的兩大城市，其餘各城市發展快慢及其規模各有其特色，因而連帶影響局部氣候變化也有所不同。表 3 為 1961 年至 1970 年及 1991 年至 2000 年前後兩個十年台灣各地氣候平均值的差異變化，製表方式以臺北為例，先找出表 2 中台北地區後十年溫度平均值 22.9°C，再找出表 1 中台北前十年溫度平均值 22.2°C，以此得到表 3 中溫度的差值為 0.7°C，其餘表 3 中各數值作法與台北相同，而正值代表增加，負值代表減少。由表 3 中顯示溫度除淡水不變外，其餘各地均為增加，而以高雄增加 0.9°C 度增加最多，降雨及日照時數台灣各地均有增加者，但日照時數減少者較增加者為多，顯示台灣各地氣候局部變化的不同特性。表 3 括號中的數字代表各天氣因素增加量或減少量的排序大小，其中只列出排名前 4 名，即變化量排序前 1/3 的城市，包括台北、高雄、

台中、台南、基隆等 5 個城市，該五城市於上述各氣象因子中，在兩個不同年代中的變化，其排序為前 4 名者，均超過兩項氣象因素。高雄有兩個氣象因子變化量排名第 1，包括溫度及降雨等兩項，台中有兩個第 2，台北雖然均第 1，但有 1 個第 2，2 個第 3，即溫度、降雨及日照時數變化排名均在前 4 名，另基隆有 2 個第 4。由以上表 3 資料顯示台灣在工業化初期與工業化成熟期前後的兩個十年，各地的氣候差異變化，其中大城市的氣候變化差異較大，尤其台北、高雄兩大都市更明顯，而高雄、台北兩地的投資開發也最多(郭大玄 2005)，其餘地區因工業化程度的差異，以及城市化的速度與範圍較慢與較小，氣候變化也較緩，也間接證實工業化及城市化對各個局部地區氣候改變的關聯性甚大，與世界各地城鄉氣候變化相類同(張藍生、方修琦、任國玉 2004)。

三、工業化及城市化與非工業化及非城市化氣候變化的比較

台北地區在工業化及城市化後，人類活動增加，所排放的熱量及懸浮微粒，產生城市熱島效應對氣溫影響甚大，曾鴻陽(1985)曾探討台北市因熱島效應的關係，使得台北市平均溫度與四周鄉鎮平均溫度之差異可達 0.97°C。談佩華、周佳、梁靜宜、吳柏霖(2008)比較春節及其前後之台北假期效應，發現春節期間較春節前後，因台北車輛明顯減少，空氣中的懸浮微粒及車輛熱排放相對較少，日間相對最高溫度低，且日夜溫差也相對較小，證實人類活動對局部地區天氣的影響。彭佳嶼位於台灣東北海域 55 公里處，島上無工業化，也無城市化，其上僅有的建築為氣象觀測台、燈塔及其工作人員，其氣候變化應受大氣環流影響較大，受局部地區的環境影響較小。比較台北及彭佳嶼兩地區的氣候差異，可驗證工業化及城市化對城鄉氣候改變的差異性。表 4 為台北與彭佳嶼 1961 年至 1970 年及 1991 年至 2000 年兩個十年間，氣溫、雲量、相對濕度及霧日等氣候平均值的變差，製表方式與表 3 類同。由表 4 中顯示彭佳嶼、台北均在全台持續暖化的相同影響下，後十年平均溫度均呈現增加現象，因溫度升高相對濕度反而減少，以致霧日減少。由彭佳嶼與台北兩地相比較，雖同受全球暖化效應的影響，但彭佳嶼的氣候變化應與全球氣候變化有較大的關係，其增加量，懸浮微粒增加，使雲的凝結增加，相對雲量增加較多。台北更因都市熱島效應，使得台北溫度增加達 0.7°C，彭佳嶼無溫室高相對濕度減少較多達 6%，彭佳嶼僅減 0.6%。但兩地自相比較，前十年臺北平均溫度比彭佳嶼高 0.6°C，後十年台北

平均溫度比彭佳嶼高0.9°C。而兩地相對濕度自相比較，前十年臺北平均相對濕度比彭佳嶼低1%，但後十年臺北平均相對濕度比彭佳嶼低6.4%，導致台北霧日也大量減少，兩段十年期間平均霧日台北由115.1日變為1日，減少114.1日，彭佳嶼由20.4日變為10.1日，只減10.3日。台北霧日急遽減少，是否觀測儀器改變使然，或是統計方式引起，戚啟勳、陳孟青(1995)曾有檢討，但未有明確答案。但由其他各地觀測資料顯示，台灣部份地區尤其大都市，近年霧日確有減少的現象(戚啟勳、陳孟青1995)。而丁一匯(2008)在探討中國大陸氣象災害時，也發現近十年中國大陸因工業快速發展，氣候變化與台灣地區有相似的情況，即霧日天數也明顯快速減少。

四、月平均最高溫及最低溫氣候變化的差異及原因

環境變化影響氣候變化，尤其影響各地氣候的極端值變化，由於極端氣候變化最易造成氣象災害，因先做極端值變化的比較。而台灣北部以台北地區城市化最早、範圍最明顯，且該兩地為台灣地區最大的兩城市，故以台北及高雄的極端氣候值作為主要的探討對象。在探討台北地區的氣候極端值變化後，再與高雄地區做比較，並探討兩地產生氣候差異的影響因素。

(一)、最高溫月平均差異

圖1為台北1961年至1970年每日最高溫月平均與台北1991年至2000年每日最高溫月平均的變化圖，圖1顯示除6、7月外，其餘後十年每日最高溫月平均均為降低，經過計算，發現後十年每日最高溫年平均較前十年每日最高溫之年平降低0.3°C。

(二)、最低溫月平均差異

圖2為台北1961年至1970年每日最低溫月平均與台北1991年至2000年每日最低溫月平均的變化圖，圖2中顯示其後十年每日最低溫之月平均，12個月均為升高。經過計算，後十年每日最低溫之年平均較前十年每日最低溫之年平均升高達4°C。

(三)、氣壓月平均差異

由以上平均最高溫與平均最低溫之比，可以發現台北地區後十年平均溫度之所升高，主要由於每日「最低溫」平均升高所致。每日最低溫月平均之所以升高，也與全球暖化有關，因全球暖化致使冬季冷強度減弱，也使得冷空氣強度相對減弱，且各地因冷高壓所產生嚴寒天氣的頻率也有減少現象(國家氣候中心2008)。陳雲蘭(2008)探討台灣地區百年來氣候變化，發現由大陸冷高壓所伴隨的冷氣團，所產生的寒

潮天氣，近年來有減弱的趨勢，因此當冬季台灣地區受大陸冷高壓產生的寒潮現象減弱之時，則到達台灣秋季之東北季風(陳泰然1989)的強度相對減弱，冷空氣到達台灣地區的強度也相對減弱，也導致台灣地區每日最低溫平均升高，更導致年平均溫度升高。

圖3為台北1961年至1970年每日氣壓月平均與台北1991年至2000年每日氣壓月平均的變化圖，圖3中顯示前後十年氣壓月平均，而前十年全年平均氣壓為1013.96hpa，後十年全年平均氣壓為1013.21hpa，其中僅9月及12月，後十年高壓0.2hpa，其餘10個月均前十年較後十年高壓月平均為高，前後十年平均降低0.75hpa，顯示後十年氣壓平均相對較低，因冬季台灣大氣主要受大陸冷高壓影響，由台北後十年冷季之氣壓較前十年平均氣壓低，顯示較弱，則與台灣地區冬季平均溫度較低，則有絕對的關連性。台灣地區夏季受太平洋高壓影響，暖高壓越強，下沉氣流越強，季氣溫越高。圖3顯示台北地區後十年氣壓月平均較前十年為低，顯示太平洋暖高壓後十年勢力較弱，則月平均最高溫較前十年稍低。

由表4中顯示台北後十年1991年至2000年，台北年平均雲量有增加的現象，兩者的物理機制相一致。由雲量的增加及日照減少(張鏡湖2005)有二：(1)夏季平均雲量多，日照易受阻擋，因而後十年台北平均最高溫較前十年降低0.3°C。(2)冬季平均雲量多，增加阻擋夜間地表向上传送的輻射熱，致使夜間溫度不易下降，因而後十年平均最低溫則升高4°C，尤其其夜間雲量增多為夜間降溫減少的原因之一。但由於台北本身工業化、城市化且加上全球暖化效應，冬季冷高壓系統減弱，雖台北平均最高溫後十年降低，但因後十年年平均最低溫升高的溫度，較平均後十年氣壓年平均溫度仍然升高。

五、局部地區氣候極端值異同之探討

由表3顯示高雄前後十年全年平均溫度增加為全最高者，而台北前後十年全年平均溫度增加為第三順位，北高兩地增溫的溫度增加異，其原因與與溫度極端值變化的變化同時也相關相對濕度的變化，分析如下。

(一)、溫度極端值變化

圖4為台北1961年至1970年每日最高溫超過30°C之月平均日數與台北1991年至2000年每日最高溫超過30°C之月平均日數

之變化圖。由圖4中顯示台北1961年至1970年每日最高溫超過30°C之月平均日數為138日，而台北1991年至2000年每日最高溫超過30°C之月平均日數為132.2日，顯示後十年每日最高溫超過30°C之月平均日數較前十年為少5.8日，而後十年夏季氣壓月平均較前十年為低，以及臺北地區後十年每日雲量月平均日數較前十年為多(如表4所示)，由上所述其效果均能降低每日「最高溫」的月平均值，但全年溫度平均因全球暖化及台北地區城市化及工業化之影響，使得年平均溫度上升值在台灣地區名列第三(如表3所示)。而高雄地區因工業化程度比台北地區工業化程度更廣泛，其中大煉鋼廠、中油煉油廠以及石化工業等高污染工業的工廠均在高雄地區設廠運作，工廠排放的工業廢氣、都市熱廢氣等，改變局部區域的環境因素，導致年平均溫度改變，高雄地區平均溫度排列第一(如表3所示)。而台中地區也因城市擴張及鄰近四周的工業區成長相當快速，為台灣地區除台北、高雄外的第三大都會，因環境生態的改變，致使平均溫度的增溫變化也高居全省第二(如表3所示)。

圖5為台北1961年至1970年每日最低溫小於10°C之月平均日數與台北1991年至2000年每日最低溫小於10°C之月平均日數之變化圖。由圖5中顯示台北1961年至1970年每日最低溫小於10°C之月平均日數為19.1日，但台北1971年至2000年每日最低溫小於10°C之月平均日數為7.2日，因而後十年每日最低溫小於10°C之月平均日數較前十年為少11.9日。從氣溫變化，可知後十年較前十年台北地區各月超過30°C的總日數僅減少5.8日，但各月小於10°C的總日數卻減少11.9日，兩相比較也顯示台北平均氣溫有偏向暖化的趨勢。

圖6為高雄1961年至1970年每日最高溫超過30°C月平均日數與高雄1991年至2000年每日最高溫超過30°C月平均日數的變化圖，前十年每日最高溫超過30°C月平均日數為120.7天，後十年每日最高溫超過30°C月平均日數為161.2天。高雄地區因工業化所造成環境改變，加上全球暖化效應，使得1991年至2000年每日最高溫超過30°C之月平均日數比1961年至1970年每日最高溫超過30°C月平均日數多出40.5日。

圖7為高雄1961年至1970年每日最低溫小於10°C月平均日數與高雄1991年至2000年每日最低溫小於10°C月平均日數的變化圖。由圖7中顯示高雄1961年至1970年每日最低溫小於10°C月平均日數為2.3日，但高雄1991年至2000年每日最低溫小於10°C月平均日數為0.9日，因而後十年每日最低溫小於10°C月平均日數較前十年為少1.4日。因高雄後十年每月超過30°C的總日數增加甚多，而每月低於10°C的總日數減少，致使高雄地區的增溫為全台之冠(如表3所

示)。比較各地氣候隨時間變化及環境等因素的改變，也可驗證工業化、城市化對氣候變遷的關聯性，而氣候環境的改變，使得極端天氣現象的加劇及頻率增加變為更常態化。

(二)、相對濕度月平均變化

氣溫升高空氣中可容納較多水氣，因此相對濕度因溫度增高而減低，圖8及圖9分別為台北、高雄1961年至1970年及1991年至2000年的月平均相對濕度變化，顯示後十年北、高兩市因氣溫上升相對濕度均下降。1961年至1970年前十年臺北與高雄地區的年平均相對濕度均為82%，1991年至2000年後十年台北的年平均相對濕度均為76%，高雄則為75.9%。主要高雄後十年之年平均溫度增溫較台北增溫為高，且年平均溫度也較高，因此相對濕度也較小。而比較圖8台北與圖9高雄兩地區的相對濕度變化，台北地區相對濕度較大的月份以冬季11、12、1月為主，夏季7、8月相對濕度反而較小。高雄地區正好相反，夏季7、8月相對濕度最大，冬季12、1月最小。圖10為1991年至2000年台北與高雄兩地相對濕度月平均變化圖，圖10中兩曲線係以二次方程回歸所得的結果，藉以突顯台北與高雄相對濕度月平均的趨勢變化，由圖10中兩曲線的趨勢走向，顯示台北為向下凹拋物曲線，高雄為向上凸拋物曲線，因此台北與高雄月平均相對濕度呈現出相反變化。

高雄為濱海之海港城市其腹地為平原，台北卻以盆地為主，尤其台北冬季不斷有冷鋒通過，降雨後水氣滯留盆地，相對濕度自然較夏季為高。南部冬季由於中央山脈阻擋，冷鋒較難影響到高雄地區，但夏季台灣地區從東北部到西南部，最多風向不是南風就是西風或是西南風，只有高雄的風向，尤其是7月份，以西北風頻率較高，主要因盛行海風較強的關係(戚啟勳、陳孟青1995)。高雄地區所產生的海風為西風，因海岸分布寬廣遼闊，海風效應明顯且較強，風速較強所受的柯氏力(柯氏參數×風速)較明顯，因此西風變為西北風。林傳堯(2008)利用數值模式證實人為熱源對都市熱島效應扮演重要角色，並且都市熱島效應會增強白天的海風，但卻會減弱夜間陸風。模式同時也證實當西部平原的都市面積逐漸擴大之後，都市熱島效應也越發明顯，不僅影響大氣熱力及動力過程，也影響午後對流性降雨的強度與降雨兩地。高雄地區夏季強勁的海風將海上的濕空氣向陸地輸送，夏季相對濕度自然較高。由圖10相對濕度月平均變化也顯示北、高兩地，因所處地理環境的不同，冬夏兩季濕度變化成相反趨勢，展現出局部地區氣候特性的不同變化。

六、天氣系統變化

圖11為台灣地區1961年至1970年每日風速月平均與台灣地區1991年至2000年每日風速月平均的差異變化圖，圖11中顯示台灣各地風速前後十年的變化，不論本島、外島，包括台灣北、中、南、東各地區，後十年較前十年的年平均風速均顯示有減弱的現象。彭佳嶼和澎湖兩外島地區的風速變化，因所受地形影響較小，平均風速較大。但與台灣本島地區相比較，彭佳嶼和澎湖兩外島地區的風速變化後十年較前十年減少較多。

台灣地區年平均溫度上升，包括全球暖化的效應及地區局部效應。而全球暖化效應使得冬季大陸冷高壓強度減弱，冷高壓減弱使得冬季季風強度減弱，台灣地區各地風速也因而減弱，導致大氣環流南北交換的物理機制減弱，因而台灣地區後十年(1991-2000年)冬季氣溫明顯增溫，再由於局地效應使得台灣各地氣候產生不同的變化。

肆、結論

氣候變遷有自然因素及人為因素，而人類活動往往與自然變化形成交互影響，使氣候變化更為複雜。台灣地區早期由於經濟發展大於環保意識、工商重於都市，再加上人口與產業往都市集中，形成部份都市工商業規模不斷擴大，致使局部地區變為特別發達奇蹟，卻也對台灣各地區形成各種不同的污染環境破壞，不僅影響局部環境，更造成很大的後遺症。林俊全則指出南投廬山溫泉蓋旅館業者未規定修建，大量的違章建築在行水區及其附近，自然環境遭受嚴重破壞(陳智華 2008)，加上政府取締不力，以致2008年9月辛樂克颱風及雷蜜兩颱風造成生命及財產的重大損失，其中之一如塔羅灣溪邊綺麗飯店倒塌。2009年8月莫拉克颱風侵襲台灣時，災情為50年來最嚴重者，如同歷史重演，台東知本溫泉金帥旅社倒塌與塔羅灣溪邊綺麗飯店倒塌如出一轍。2010年9月19日凡那比颱風又重創南台灣，高雄市區因短時降雨量太大，排水不急，尤其北高雄地區變成水鄉澤國，積水久久不退，均係人為與自然兩者交互影響以致成災。

台灣地區不僅受全球暖化的影響，同時由於台灣地區各地城市化及工業發展的影響，也加強台灣地區的氣候變化。台灣各地同時受大環境及局地因素的影響，又受台灣地理環境的俯複雜影響，因而產生氣候差異，可歸類下列兩種情況：(一)全球暖化效應(二)局地效應，分述如下。

一、全球暖化效應

由本文分析結果顯示，全球暖化使得台灣地區平均最低氣溫的上升，是導致台灣地區氣候平均溫度上升的主要因素之一。而台

灣地區平均溫度增加，使得相對濕度減少，霧日也同樣減少，如台北及彭佳嶼兩地後十年霧日均呈現減少現象。另外在冬季因全球暖化效應，使得大陸冷高壓強度減弱，致冬季台灣地區後十年較前十年平均氣壓為低，冷空氣南侵勢力相對變弱。再由於台灣地區年平均風速的變化，顯示後十年平均風速減小，也證實大陸的高壓梯度也相對減弱，則風速相對減小，以致到達台灣地區的冷空氣的勢力也因此減弱，尤其使得後十年的年平均溫度上升的一種因素。

二、局地效應

台灣各地區均受到全球暖化的情況之下，但因各地工商活動不同、城鎮建設各有的特性、氣體排放量多寡不同以及各局部地區所處地理環境的差異，影響局部地區的環流系統，因而產生局部地區的氣候差異，也是台灣地區後十年的年平均溫度變化各地不同的重要相關因素之一。而各城鎮所處的地理環境不同，也是造成氣候差異的因素之一，如北、高兩市相對濕度的變化，冬夏相反變化的現象。由本文分析顯示，台北、高雄、台中、台南及基隆等工業化及城市化越發達的地區，氣候變化越大，而工業化及城市化越慢的地區，氣候變化較小，比較台北與彭佳嶼兩地方，發現後十年台北雲量較彭佳嶼增加為多，此乃由於大城市相對雲量增加，高空凝結微粒增加的結果，使得凝結增加，有利大氣上空雲量的增加。因此離島的彭佳嶼、蘭嶼等地因無工業化與城市化，其氣候變化與台北等大城市比較明顯性很多，其受全球暖化的影響，也有那些局部變化，並受當地情況及地理環境的影響而稍有不同。因此台灣各局部地區氣候的變異與工業化、城市化的相關是值得警惕與重視的。

參考文獻

丁一匯、張錦、徐影(2003) 氣候系統的演變及其預測，北京：氣象出版社。
 丁一匯主編(2008) 中國氣象災害大典，北京：氣象出版社。
 丁淑(2000) 屏東平原地層下陷之探討，看守台灣，第2卷，第2期，123-125。
 王昭(2009) 太熱了苦花游向山裡去，聯合報，民國98年7月13日A8版。
 朱婉清、楊濡嘉、鄭國樑(2009) 高雄水荒百工廠買水，聯合報，民國98年8月18日A2版。
 李培芬(2008) 氣候變遷對生態的衝擊，科學發展，第424期，34-43。
 李崇銀(2000) 氣候動力學，第二版，北京：氣象出版社。
 李萬、沈正平、朱傳耿、沈正平、孟召宜主

編(2005) 科學發展觀與人文地理學研究新進展。北京：科學出版社。
 李學新主編(2007) 氣候變化國家評估報告，北京：科學出版社。
 李薰楓(1995) 台灣地理概論，石再添主編，台北：台灣中華書局。
 呂貴寶、林德恩、楊志權、林裕豐(2009) 卡玫基颱風(2008)侵台期間台灣中南部地區豪大雨事件初步分析，氣象預報分析，第198期，1-7。
 吳道煦(2009) 環境變遷與無痕山林，無痕山林暨環境研討會，207-212。
 林本達、黃建平(1994) 動力氣候學引論，北京：氣象出版社。
 林傳堯(2008) 都市熱島效應對邊界層發展及降雨的影響，2008華岡地學國際學術研討會，21。
 吳俊傑、金棟等譯(2007) 颱風，台北：天下遠見出版有限公司。
 姜道章(2004) 歷史地理學。台北，三民書局。
 葉昕祐、韋煙柱(2009) 雲林縣口湖地區土地鹽化的研究，地理研究，第48期，1-24。
 曾奕順、柯互重(2008) 台灣南部地區7-9月降雨之變化，2008年天氣分析研討會，293-296。
 秦大可、任賈文主編(2005) 中國氣候與環境演變，北京：科學出版社。
 徐天佑、曾鴻陽(2006) 環境污染災害保育及其因應之初步探討，第四屆土地研究學術研討會，B11-1-B11-12。
 張泉湧譯，小倉義光著(1995) 普通氣象學，台北：國立編譯館。
 姜善鑫、陳明健、鄭欽龍、范錦明(1999) 經濟地理學。台北：三民書局。
 涂建翊、余嘉裕、周佳(2003) 台灣的氣候，台北：遠足文化事業有限公司。
 國家氣候中心編著(2008) 2008年我國南方低溫雨雪冰凍災害及氣候分析，北京：氣象出版社。
 許學強、周一星、甯越敏(2000) 城市地理學，第四版，北京：高等教育出版社。
 梁啟源(2008) 氣候變遷對台灣經濟的影響，科學發展，第424期，6-11。
 梁新善(1991) 地理學計量分析，台北：中國文化大學出版部。
 張國龍主編(2005) 環境白皮書，95年版。台北：行政院環保署。
 張鏡湖(2005) 世界的資源與環境，第二版，台北：中國文化大學華岡出版社。
 張藍生、方修琦、任國玉(2004) 全球變化。北京：高等教育出版社。
 郭大玄(2005) 台灣地理，台北：五南圖書出版股份有限公司。
 楊貴名、孔期、毛冬艷、張芳華、康志明、宗治平(2008) 2008年初低溫雨雪冰凍災害的持續性原因探討，2008年海峽兩岸

岸災害性天氣分析與預報研討會，159-173。
 曾鴻陽(1985) 台北都市氣候的分析，中國文化大學地學研究所氣象組碩士論文。
 陳昭明、汪鳳如(2000) 台灣地區長期暖化現象與太平洋海溫變化之關係，大氣科學，第28期，第3號，221-242。
 陳澄如、周美惠(2009) 颱風橫掃菲律賓一越南一柬埔寨一寮國，聯合報，民國98年10月1日A17版。
 陳國彥、徐勝一、邱逸民、胡金印(1999) 台灣現代氣溫上升現象與全球暖化比較的研究，地理研究，第31期，1-13。
 陳雲蘭(2008) 台灣地區百年來氣候變化，科學發展，第424期，6-11。
 陳泰然、吳清吉(1978) 台灣五大城市之氣候特性分析，大氣科學，第五期，第二號，1-26。
 陳泰然(1989) 天氣學原理，台北聯經出版社。
 陳智華(2008) 大地反撲，聯合報，民國97年10月4日A6版。
 許玉君、藍凱誠(2010) 淹水50公分最高補助3.5萬南台重創，聯合報，民國99年9月21日A1版。
 虞國興、劉世翔、徐幸瑜、吳啟瑞(2007) 水資源風險管理機制，2007年環境資源經濟、管理暨系統分析學術研討會，A2-1-1-A2-1-7。
 戚啟勳、陳孟青(1995) 台灣之氣候，台北：交通部中央氣象局。
 劉東生編譯(2004) 氣候過程和氣候變化。北京：科學出版社。
 盧孟明、李思瑩(2009) 台灣寒潮定義一分析以台北測站為代表的適當性，大氣科學，第37期，第1號，1-12。
 蔡育政、徐天佑、盧光輝(2005) 雲林沿海地區水土資源污染之研究，第六屆海峽兩岸三地水土資源與生態環境學術研討會，502-516。
 談佩華、周佳、梁靜宜、吳柏霖(2008) 台北都會區的假期效應，大氣科學，第36期，第3號，197-215。
 蔣炳然(1954) 台灣氣候誌，台北：台灣研究叢刊第26種。
 錢維宏(2009) 全球氣候系統，北京：北京大學出版社。
 薛益忠(2006) 都市地理，台北：三民書局。
 薛益忠、戴安蕙(2007) 台灣北部區域發展之空間剖析，華岡地理學報，第20期，17-38。
 蕭長庚(2008) 台灣氣候變化區域差異之分析，2008年天氣分析與預報研討會，357-362。
 蕭富元(2009) 極端氣候下的台灣，天下，第428期，68-81。
 魏國彥、許晃雄(1997) 全球環境變遷導論，台北：教育部印行。

附表

表1 台北地區1961年至1970年各年年平均溫度、降雨及日照變化值。

年	溫度 (°C)	降雨(mm)	日照(小時)
1961	22.6	1925	1747.3
1962	22	2062.8	1696.7
1963	22	1708	1940.4
1964	22.6	1474.8	1616.8
1965	22.3	1569.6	1600.7
1966	22.7	2326.9	1544.6
1967	22.1	1643.7	1689.3
1968	21.8	2020.8	1695.1
1969	22	2550.1	1563.3
1970	22.1	2436.3	1506.9
平均	22.2	1972	1660.1

表2 台北地區1991年至2000年各年年平均溫度、降雨及日照變化值。

年	溫度 (°C)	降雨(mm)	日照(小時)
1991	23.5	2215.9	1342.5
1992	22.3	2391.9	1311.4
1993	22.7	1740.5	1463
1994	23.2	2043.7	1451.7
1995	22.3	1716.7	1365.2
1996	22.5	2253.1	1559.4
1997	22.5	2595	1361.6
1998	23.6	4404	1186.7
1999	23	1958	1139.1
2000	23.2	2744	983.1
平均	22.9	2406.3	1316.4

表3 台灣地區1961年至1970年及1991年至2000年前後兩個十年，氣溫、降雨及日照時數氣後平均值的差異變化，負值為減少，正值為增加。

測站	溫度(°C)	降雨(m.m)	日照(小時)
• 彭佳嶼 Pengchayu	0.4	-70.9	-240.7
• 淡水 Tanshui	0	-64.4	-240.2
• 基隆 Keelung	0.6 (4)	270.6 (4)	-199.2
• 台北 Taipei	0.7 (3)	434.3 (2)	-343.7 (3)
• 新竹 Hsinchu	0.3	23.5	-243.7 (4)
• 台中 Taichung	0.8 (2)	123.5	-389.9 (2)
• 澎湖 Penghu	0.4	-10.9	-225.2
• 東吉島 Tungchie	0.6	168.1	327.7
• 嘉義 Chiayi	0.2	88	250.4
• 台南 Tainan	0.4	289.2 (3)	-434.7 (1)
• 高雄 Kaohsiung	0.9 (1)	497.1 (1)	-215.8
• 宜蘭 Ilan	0.6	242.3	-187.4
• 花蓮 Hualien	0.7	-57.6	-186.5
• 大武 Tawu	0.1	-39.2	80.1
• 台東 Taitung	0.5	26.3	-156.4
• 蘭嶼 Lanyu	0.4	32.1	170.8

表4 台北、彭佳嶼 1961年至1970年及1991年至2000年前後兩個十年，氣溫、雲量、相對濕度及霧日氣候平均值的變化，負值為減少，增值為增加。

彭佳嶼	1991-2000 平均	1961-1970 平均	平均值差
溫度 (°C)	22	21.6	0.4
雲量 (十分量)	7.1	6.9	0.2
相對濕度 (%)	82.4	83	-0.6
霧 (日)	10.1	20.4	-10.3
台北			
溫度 (°C)	22.9	22.2	0.7
雲量 (十分量)	7.8	6.9	0.8
相對濕度 (%)	76	82	-6
霧 (日)	1	115.1	-114.1

附圖

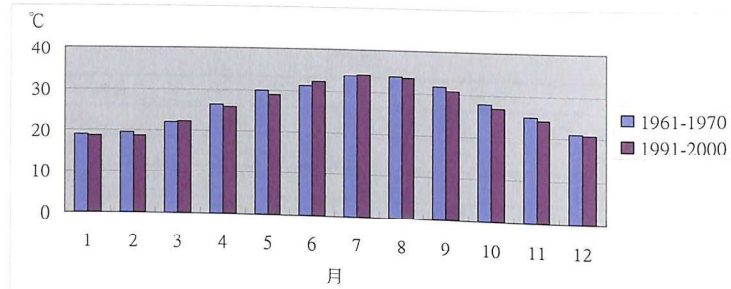


圖 1 台北 1961 年至 1970 年每日最高溫月平均與台北 1991 年至 2000 年每日最高溫月平均變化。

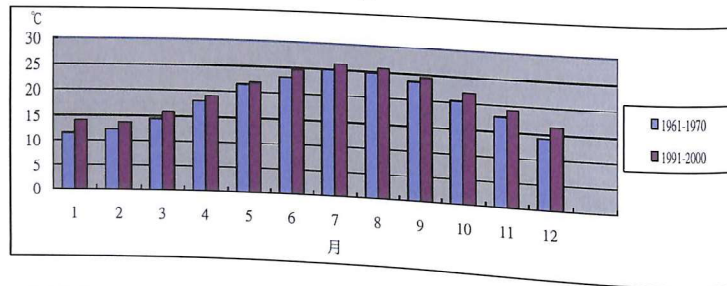


圖 2 台北 1961 年至 1970 年每日最低溫月平均與台北 1991 年至 2000 年每日最低溫月平均變化。

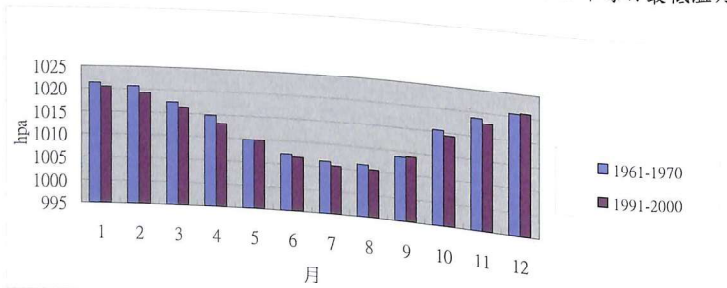


圖 3 台北 1961 年至 1970 年每日氣壓月平均與台北 1991 年至 2000 年每日氣壓月平均變化。

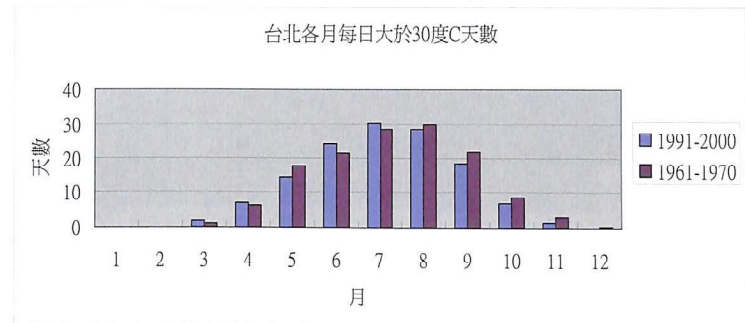


圖 4 台北 1961 年至 1970 年每日最高溫超過 30°C 月平均日數與台北 1991 年至 2000 年每日最高溫超過 30°C 月平均日數變化。

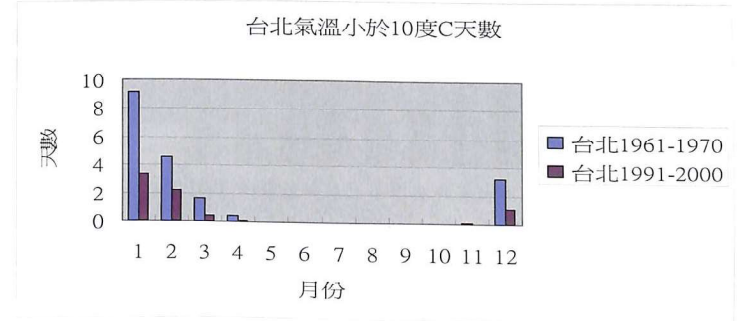


圖 5 台北 1961 年至 1970 年每日最低溫小於 10°C 月平均日數與台北 1991 年至 2000 年每日最低溫小於 10°C 月平均日數變化。

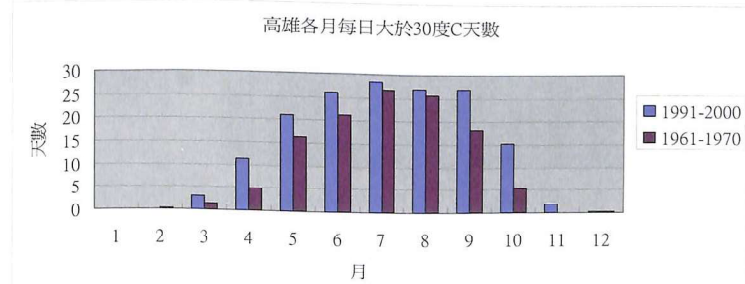


圖 6 高雄 1961 年至 1970 年每日最高溫超過 30°C 月平均日數與高雄 1991 年至 2000 年每日最高溫超過 30°C 月平均日數之變化。

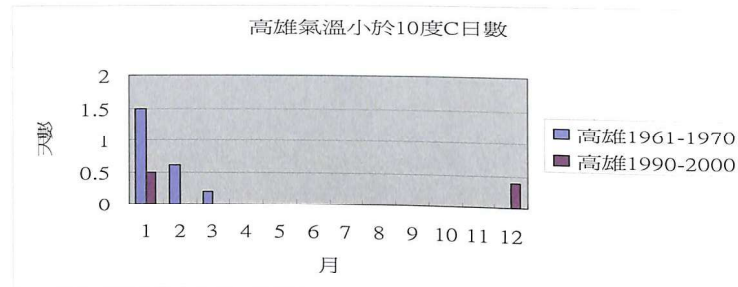


圖 7 高雄 1961 年至 1970 年每日最低溫小於 10°C 月平均日數與高雄 1991 年至 2000 年每日最低溫小於 10°C 月平均日數變化。

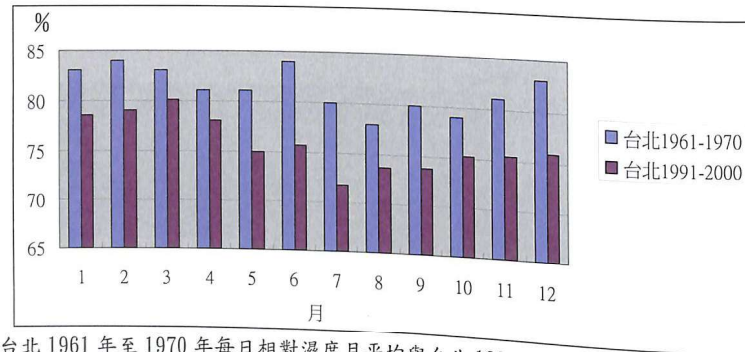


圖 8 台北 1961 年至 1970 年每日相對濕度月平均與台北 1991 年至 2000 年每日相對濕度月平均變化。

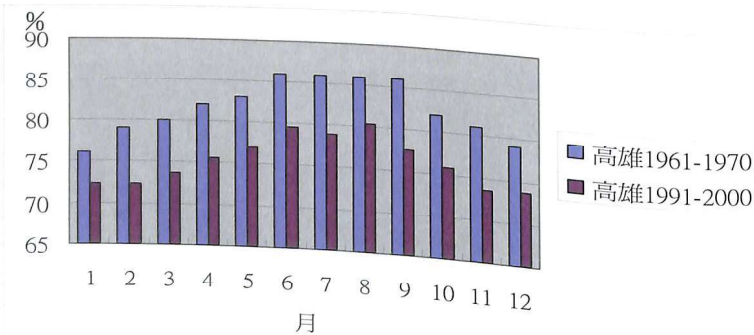


圖 9 高雄 1961 年至 1970 年每日相對濕度月平均與高雄 1991 年至 2000 年每日相對濕度月平均變化。

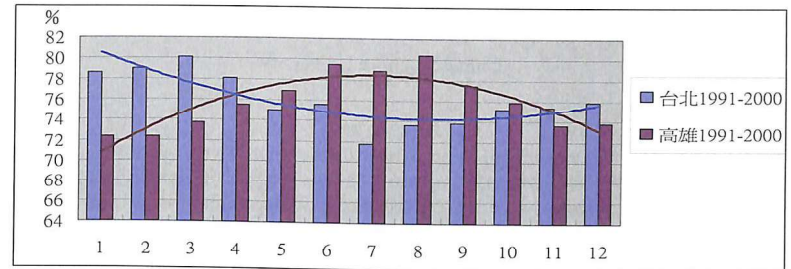


圖 10 台北與高雄 1991 年至 2000 年兩地月平均相對濕度變化，向上凸拋物曲線為高雄相對濕度月平均變化趨勢，向下凹拋物曲線為台北相對濕度月平均變化趨勢。

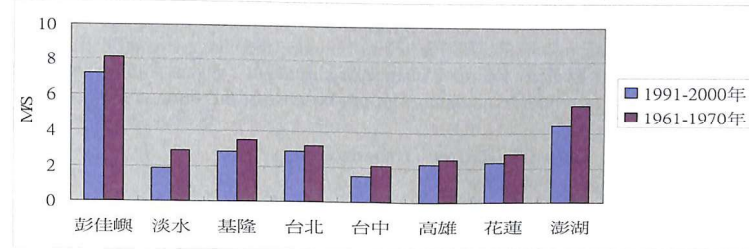


圖 11 台灣地區 1961 年至 1970 年每日風速月平均與台灣地區 1991 年至 2000 年每日風速月平均變化。

A study of decadal climate change in Taiwan area

Hsin-Yu Hsiao Tian- Yow Shyu

Chinese Culture University

Abstract

The result of industrial and urbanization of worldwide now is very obviously that not only changes the temperature but also changes ecosystem. Taiwan is a part of the world and its industrial and urbanization are also apparently. Except the effect of global warming, because the development of Taiwan's cities are not equal that caused those cities have different environments. In this study we chose two periods, one from 1961 to 1970, and the second from 1991 to 2000. The first period of Taiwan is in the export orient of trade expansion time. At that time, the pollution of Taiwan is very small. The second period of Taiwan is in the devotion of high technician development time, so at that time the pollution of Taiwan is very serious. There are two purposes in this study. One is to investigate the reasons that cause the different climate of local area in Taiwan. The other is to investigate the climate change among different cities between the above two different decadal. The result show that the bigger of a city the more change of climate in Taiwan. And the temperature rise of Taiwan area is due to the winter temperature rise not because of the summer temperature rise.

Keywords : Climate Industrialization Urbanization

-
- 1 Ph.D. Candidate, Graduate School of Earth Science, Chinese Culture University.
 - 2 Corresponding author E-mail : xmars@ms38.hinet.net