

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

台灣都市化與全球環境變遷交互影響與回應之研究--子計畫二：台灣都市土地使用與運輸改變及都市蔓延對全球環境變遷之影響(II)
研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 96-2621-Z-004-001-
執行期間：96年08月01日至97年07月31日
執行單位：國立政治大學地政學系

計畫主持人：劉小蘭

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：賴政錡

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97年10月29日

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

都市是一個複雜與動態之系統，都市之社會、經濟、政治與文化活動與實質建設會透過生物物理過程對區域及全球環境產生影響(Rosenzweig and Solecki, 2001; Smith and Lazo, 2001; IPCC, 2001)，而反過來全球環境變遷（如：氣候變遷、海平面上升、水文循環等變遷）亦會對都市之生活、生計、建築環境、生態服務、資源基礎等產生影響。亦有進者，都市系統對區域或全球環境變遷之影響會加以因應與調適，而其因應與調適行為會再對生物物理環境或全球環境變遷產生影響。都市系統與全球環境變遷之交互影響與回應之過程與效應不僅迂迴而且非常複雜與不確定，欲瞭解此種複雜之現象顯然需要採取一種多學科與跨學科之研究方式，以及需要建構一個可以用來溝通與整合之方法論與平台。因此 International Human Dimensions Programme (IHDP)即提出「都市化與全球環境變遷」科學計畫 (Science Plan—Urbanization and Global Environment Change) 來探討此一問題。IHDP 提出四個研究主題：

主題一：都市化過程對全球環境變遷之影響

主題二：全球環境變遷影響都市系統之途徑

主題三：都市系統內之互動與回應

主題四：都市系統內部對全球環境變遷各種互動之後果

本子計畫即針對主題一之議題，探討台灣地區土地使用與運輸改變及都市蔓延對全球環境變遷之影響。冀望此計畫不僅能對瞭解台灣都市系統與全球環境變遷之關係後，將聚焦在政策面之分析，期能提出有助於維護全球環境以及創造安全、舒適、健康、有效、以及永續之都市發展、水土與能源資源利用、運輸方式、自然災害防治、生態與地景維護等之政策建議。亦能與IHDP之「都市化與全球環境變遷」科學計畫接軌，參與該計畫

之推動，一方面貢獻本計畫之研究成果供跨地區或跨系統（跨社會、經濟、文化、政治、以及自然環境）之比較分析，另一方面則可藉由與IHDP互動，汲取IHDP之研究經驗與成果。

一、 研究內容

早在七千年前，即有人類聚集，而形成都市，但其發展十分緩慢，直到1780年，瓦特(Watt)發明蒸氣機後，產生歐洲的工業革命，人類正式邁入工業化時期後，都市才開始快速發展(Fujita and Thisse, 2002)；在1780年，當時都市人口約佔全世界總人口的3%，至1980年已上升至42.4%，目前全世界大約有半數以上的人口，約三十三億，居住在都市地區(UN 2004)，根據IHDP之預測，2030年全球將有60%人口居住在都市地區，且開發中國家未來新增人口之90%將集中在都市地區。在此都市化過程中不僅產生社會、經濟等問題，亦透過溫室氣體、熱島效應對地方、區域、甚至全球氣候變遷產生一定程度之衝擊(Rosenzweig and Solecki, 2001；Smith and Lazo, 2001；IPCC, 2001)；而此種環境變更之衝擊亦會對都市地區之社會、經濟、政治等發展，因此IHDP

而台灣地區，在1875年時都市人口約佔總人口的8%(郭大玄, 2005)，至2004年，台灣地區有78%的人口居住在都市地區。都市化的結果，使得大量的人口、及二、三級產業聚集於少數的土地上，都市地區幾乎壟斷了大部分的資源及財富，人口的稠密，工商活動頻繁、汽機車高度成長，造成空氣污染、水污染、森林濫伐、水資源之大量消耗、各種廢棄物排放、農地、山坡地及濕地之轉用等等，環境負荷甚於自然環境的容受力，其影響層面不僅止於地區性環境品質之惡化，對全球環境（如溫室效應、全球暖化、臭氧層之破壞、酸雨、物種滅絕等等）亦產生一定程度之衝擊。

此外在此人口與產業移動的過程中，都市內部環境由於人類活動的密

集，而導致地價高漲、交通擁擠、及各種污染等等，而使得生活、生產的環境品質逐漸

惡化，因此人口與產業逐漸往都市外圍或郊區移動，產生郊區化之現象，因而使得農業用地及鄉村地區用地，大量的轉用至其他部門（如住宅、工業、公共設施等），造成了所謂的「都市蔓延」(urban sprawl)，或是往更遠的郊區發展，而產生不連續的都市發展型態，即所謂的「都市蛙躍」(urban frog)。根據過去之研究，都市蔓延之特性及型態為：(1)低密度的大量擴張；(2)土地使用的分離；(3)蛙躍式的擴張；(4)沿著公路或零售商業的帶狀發展；(5)汽車依賴式的發展；(6)都市中心的擴張導致都市外圍地區的發展；(7)產業的外移造成就業的分散；(8)都市外圍的農業及開放空間土地的轉用；(9)分散的行政職責與監督(Ewing, 1997; Down, 1994; Johnson, 2001; Peiser, 2001; 黃書禮等, 2004)。另一方面，由於工業化之結果，產品大量生產，市場經濟之力量主導產業的發展，政府干預之力量逐漸降低，此種市場自由化下，利潤的追求為廠商主要之目標，再加上自由貿易的興起，使得各種產品不斷推陳出新，配合大量行銷等來刺激消費者之購買慾望，使得產品使用年限縮短，消費多樣性等等，消費型態亦不同於以往，造成廢棄物不斷的上升；此種大量消費又刺激產業不斷的創新生產，在此循環之下，人口、產業、各種資源更往都市地區集中，使得自然資源過度開發、能源消耗、非都市土地變更使用之問題更形嚴重，對於空氣污染、廢棄物之增加、水資源及其他自然資源之消耗，對地區及全球之環境之變遷，產生莫大之衝擊，影響到整個環境之永續發展。

由於全球環境不斷發生變遷，衝擊到環境永續發展，此議題受到國內外之重視，國際上乃提出「氣候變化綱要公約」、「京都議定書」等協議，以及多項之相關研究，均期望人類的活動能減少對環境之變遷。國內對於全球環境變遷之相關研究頗豐，如國內對於基礎資料調查及溫室氣體減量預測模型之建立（柳忠明、張長義、鍾孫霖、許晃雄、許銘熙、黃宗煌，

2002; Huang, Li, Lin, Hsu, 2000) , 可作為提出政策上之建議; 亦有許多研究針對全球氣候變遷對國內各種產業, 之影響 (陳世雄、林經偉、黃瑞彰、劉瑞美, 2002; 李明安、黃培寧、魏良佑、廖正信、李國添、王凱毅, 2004; 陳吉仲, 2001; 葉俊榮、蕭代基、黃榮村, 1995; 金衡鑑、夏禹九、林登秋、王立志、廖學誠, 2000) ; 但對於何種因素造成全球環境變遷之探討則較為缺乏, 因此本子計畫即以探討都市化如何對全球環境產生變遷衝擊, 以作為未來政策上之參考。

國內外對於都市化對環境影響之文獻相當多, 大多認為都市蔓延為都市成長所造成之問題, 如擁擠、無止盡的發展、及生態環境的破壞, 主要之原因為沒有發展的土地散佈在以發展的地區間之後果 (Peiser, 1989, 2001; Gillhan, 2002; 高珮菁, 2002)。Ewing (1997) 更指出都市漫延會導致高成本的超額旅次、能源消耗及空氣污染、公共設施及公共服務成本之浪費, 以及農地及自然土地之流失, 此將影響中心城市的發展及自然成本。由上述之研究可知, 大多著重於現象的描述及其對地方影響之問題, 但對都市化過程如何產生, 以及透過何種路徑影響環境, 並未多加著墨。近年來由於全球氣候暖化, 都市化所產生之能源消耗與溫室效應關係研究亦引起重視 (Parikh and Shukh, 1995; Rosenzweig and Solecki, 2001, 2004; Pugh, 1996; Marcotullio, 2001; 陳子謙, 1998; 孫振義, 2002; 李魁鵬, 1999; 林立人, 1998), 但上述之研究大多以單一都市或地區性之研究, 對於都市化過程中如何影響地方、區域及全球環境變遷之探討較為缺乏 (Jung Yong et al. 2000)。但面對未來都市不斷增加及擴散, 人們如何降低其對自然環境 (不論是地方性、區域性、甚至全球性) 之衝擊, 須對都市化過程中如何影響自然環境之路徑 (pathway) 須有所了解才能提出因應之對策; 因此本子計畫即在探討台灣地區都市地區土地使用與運輸改變及都市蔓延對全球環境變遷之影響。

由於環境的變遷項目十分廣泛, 根據聯合國氣候變化跨國組織

(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的指出，在過去一百年間，地球平均溫度已上升 0.45°C，在其他條件不變下，2030 年時，地球平均溫度將再上升 1°C，至 2100 年時，則又會上升 3°C，此一結果將使兩極冰山解凍，海平面上升，使陸地面積縮小，將危及人類生存空間與生態平衡。(王安民，1998)，而台灣地區近幾十年來氣溫亦有上升之現象，以台灣地區七各測站(台北、台中、台南、花蓮、玉山、澎湖、恆春)近五十年之資料顯示，最低溫呈現明顯上升的趨勢(郭怡婷，2004)，顯示出台灣氣候確已有暖化現象。因此本研究針對以全球暖化所帶來氣候變遷為主要研究主軸。本子計畫預計進行三年，各年期之主要研究內容為：

第一年研究內容：

第一年將研究台灣都市化過程中土地使用形態與都市蔓延之過程(urban Processes)，包括都市人口成長分布、都市土地使用與運輸型態、都市擴張與蔓延現象與成因之探討。本年期主要是探討政府的角色(如產業政策、土地政策、土地使用管制、能源政策、交通政策…等)、市場經濟發展的角色對台灣地區都市化及其所產生環境變遷影響之研究。

台灣地區都市化在 1950 年代初期稍快，此與隨政府來台的大陸移民定居於都市有密切之關係，至 1960 年代以後，隨著台灣地區工業化的發展，都市化的速度呈現加快的趨勢(郭大玄，2005)。台灣地區工業化始於 1953 年之進口替代，而在工業化之前，即 1952 年時，台灣都市人口佔全台灣地區總人口的 29.24%，至 2004 年有 78.6% 的人口居住在都市中。根據行政院農業委員會統計資料，台灣地區農業用地之水田及早田之面積呈逐年降低之趨勢，民國四十一年水田及早田面積分別為 533,643 公頃及 409,769 公頃，至民國九十年分別為 438,974 公頃及 342,457 公頃；而由各縣市統計要覽得知，民國七十八年至民國九十年，農地面積減少最多的縣市分別為高雄市(62.98%)，台中市(45.50%)，台北市(27.50%)。另一方面根據

內政部之統計資料顯示，都市計劃面積由民國八十一年之 439,475 公頃，增加至 464,997 公頃；更值得注意的是，非都市土地的甲種、乙種、丙種、丁種建築用地之總面積，由民國八十一年之 55,636.93 公頃，至民國九十一年增加為 64,239.78 公頃；而交通用地面積由民國八十一年之 25,583.41 公頃，至民國九十一年增加為 36,606.86 公頃，由此可知，台灣地區非都市土地轉為都市用地十分快速。此種都市蔓延是都市化的自然現象，還是政府政策不完善下之後果？台灣地區都市蔓延的嚴重程度為何？都市蔓延的類型有何特色？對於環境變遷之衝擊性為何？造成台灣都市蔓延的制度性結構及因果機制為何？為了減少都市成長對環境變遷衝擊上，值得研究的重要課題。

因此第一年計畫之研究內容為：

- (一) 工業化與都市化之相關理論及研究方法之整理。
- (二) 台灣地區產業政策、都市發展政策及其發展過程之探討，以及政府角色之演變。
- (三) 台灣地區民國六十五年至九十五年間都市化過程之探討
- (四) 台灣地區都市蔓延之影響因素。

第二年之研究內容：

本研究第一年主要是針對台灣地區都市蔓延與環境之關連性，第二年之主要重點則為都市化後，造成農地、溼地、森林地轉變為住宅、工業、商業及各項公共設施用地，以及都市化後，為了都會區內及都市間之人口通勤、貨物運送等之需求，而大量興建之各種交通建設，此不僅造成都會區內部之農地、溼地等之轉用，更使得都市偏遠地區之農地、濕地、森林地之轉用流失，都市蔓延的發展方式，不僅侵蝕了珍貴的土地資源，同時也在消耗大量能源，產生污染(Camagni、Gibelli and Rigamonti, 2002)，因此本研究第二年之重點在於探討都市蔓延所產生之土地轉用對於自然環

境以及交通旅次增加對環境、能源增加所產生之衝擊。

都市蔓延造成非都市用地變更，不僅使得不透水層覆蓋面增加產生，造成氣溫之上升，更由於產業用地之增加，造成二氧化碳排放之增加，交通用地之增加更造成空氣污染之問題，根據亞洲都市地區之調查，都市內之空氣污染，有 50% 來自於各種交通工具(motorized transport) (Barter, 2005)，這些空氣污染，對人體健康有很大之影響，更是對生態體系、全球暖化有著巨大之影響。

所謂都市化係指人口與產業聚集於小面積之土地上 (O' Sullivan, 2005)，隨著都市蔓延，都市化影響空間之層面，逐漸由都市內部空間結構逐漸向都市外圍地區擴張，使得中心都市土地使用強度仍屬密集使用形態，外圍地區之土地使用亦呈現增加之趨勢。此種；分散式之都市土地使用，使得消耗能源成本增加，這些分散式之發展，不僅造成土地資源的破碎，更造成人類活動分散，因而產生交通運輸之問題，由於各種活動之分散，私有小客車之旅次逐漸取代大眾運輸之旅次，而小客車所消耗之能源，大約是同等距離火車的兩倍。雖然小客車確實帶給人們更大的便利性，但同時也產生下列幾項問題：(王國權，2005)

1. 工作旅次的增加及旅行距離的增長，造成地區性之空氣及噪音之污染也隨之增加。
2. 由於住宅之支出遠高過於通勤成本，因此造成住宅區位不斷向外擴張，使得對小客車之依賴不斷的提升，對政府之運輸政策形成挑戰。
3. 小客車旅次之增加，不僅是環境議題，同時也牽涉到社會議題，如交通事故發生率、化石燃料消耗量激增等問題。

Zhang(2001)曾以芝加哥為例，將都市蔓延地區劃為四個主要交通分區，以探討各個分區旅運行為及其問題，結果發現任何一個交通分區在大眾運輸方面之關連性均相當低，大多仰賴小客車為其通勤之主要交通工

具，這也使得大眾運輸系統之使用率及總效率均降低，不僅在交通運輸方面消耗都市能源，同時也使得政府的交通運輸政策受到影響，不僅要增設停車空間，也必須開闢郊區之道路，規劃新的大眾運輸路線，使得政府部門之交通預算不斷之上升。

此外，由於都市不斷往外蔓延，使得原有之公共設施不敷使用，政府部門必須不斷增設公共設施已因應都市發展之需求，此舉不僅增加政府之預算，更增加了都市能源之消耗（王國權，2005）。根據 Steemers(2003)之研究發現，愈集中發展的都市，其所消耗的能源遠較分散發展的都市降低許多，尤其在交通部門最為明顯，如美國各大都市每單位平均在交通方面所耗的能源大約是香港的 3.6 倍(Newman & Kenworthy, 1998)。但總都市能源消耗中，交通部門所消耗的能源，卻不是最大之比例，而是為維持都市內建築物營運所消耗的能源，如電力、空調等所消耗之能源，以英國為例，其所消耗之能源甚至為交通部門之兩倍(Newman & Kenworthy, 1998)，而都市中建築物之密度影響著微氣候，進而影響建築物內部空調使用之頻率，二者互為因果，不斷的惡性循環，對環境惡化，造成更不利之影響。

因此都市蔓延不僅牽涉到土地使用之變遷、交通通勤旅次之改變所產生之空氣污染，亦影響到能源之消耗；Sadownik and Jaccard (2001) 利用 CEM(Community energy management)探討中國大陸都市的能源使用管理策略，首先以空氣中的CO₂、NO_x、SO₂為主，以每單位的廢氣需要消耗多少能源來計算出都市中能源的消耗。Bose and Anaadalingam (1966)以多目標方程式，並且以AHP(Analytical Hierarchy Process)取的權重，將都市中的各種活動分門別類並加以簡化，架構出都市中的各種能源使用系統 REM(Reference Energy System)，結果發現，減少都市能源的使用，除了讓都市得以永續性之外，對於環境議題上也有相當的幫助，該研究顯示，只要每減少 10%的都市能源使用，將會減少 33%的鉛、24%的CO、17%的SPM、

12%的SO₂、10%的NO_x及 10%的CO₂，進而提高了都市中的環境品質。這些研究均顯示著都市的蔓延，所產生之能源消耗之增加，將對環境品質產生不利之影響，進而影響到氣候之變遷。

對於此種都市蔓延所產生之環境衝擊，許多研究提出造成開發者付費之補償措施，如 Baumol and Oates (1992)以皮古稅(Pigouvian taxes)之觀念，對污染者課一定程度之稅額，使其稅額剛好等於在效率產出水準時造成之邊際損失。Gerking and Stanley (1992) 提出以「願付價格」(willingness-to-pay) 之方式來計算出開發者行為造成環境衝擊所需補償之價格，此方法是以問卷之方式來調查由開發者提出自願且合理的補償金額。此兩種方式均採用外部成本內部化之觀念，以減少污染源之產生，但由於缺乏完整之資訊下，如何計算稅基，以及開發者本身缺乏一客觀評斷標準時，往往會低估開發行為所產生之衝擊，無法真正達到外部成本內部化之功能。

Kahn (1999)以環境衝擊為出發點，來計算都市蔓延所產生之旅行時間、旅行里程數、家戶消費能源等計算出氣候暖化、空氣污染、農地濕地流失、開放空間減少、水質改變等之環境影響衝擊，再由每一家戶單位消耗的資源來轉為金錢計算，漸漸已有以環境資源消耗量來計算使用者所必須補償的價格觀念，使得在計算環境衝擊時，由一客觀的評斷指標，亦讓開發者對於造成都市蔓延所帶來之環境衝擊，有更多元的思考面向。

國內過去對於都市蔓延或交通通勤旅次之增加對環境之影響，往往偏向於單一因素之影響，如都市蔓延而使得農地變更對生態體系之影響（陳明建，1991、劉小蘭，1996、葉佳宗，1998、陳俐伶，1999）；都市化所產生之能源消耗與溫室效應之關係（陳子謙，1998、孫振義，2002、李魁鵬，1999、林立人，1998）。但都市整體發展對環境整體之影響較為缺乏，因此本研究將以 Kahn(1999)及 Bose and Anaadalingam(1996)之觀念，將都市蔓延所產生之土地使用變遷、交通旅次增加、都市能源耗損等綜合考量，

以討論都市蔓延及交通型態改變對環境變遷之影響，因此第二年之重點為台灣都市及其外圍土地轉用過程、運輸型態之改變對生物物理過程 (biophysical processes) 之影響：即都市發展過程中，產生之氣候變遷對台灣地區生態系統、水文循環、生物多樣性之衝擊。

根據第一年研究所得出之都市化與氣候變遷關係之元素，應用生態經濟學及能值分析探討都市化對生物物理系統之影響。因此第二年之研究內容包括：

- (一) 探討台灣地區都市及其外圍土地 (包括農地、溼地、森林地等) 轉用及運輸型態改變對能源消耗、空氣污染等之影響。
- (二) 台灣地區都市化過程中，能源消耗、環境汙染... 等變遷之探討。
- (三) 台灣地區都市地區氣候變遷 (包括溫度、降雨量... 等) 之探討。
- (四) 以台北都會區為例，探討都市蔓延與氣溫變化之關係。

一、研究動機

在 1950~1960 年代的美國，經歷了第二次世界大戰後，經濟開始蓬勃發展，以及政策上的郊區住宅貸款的鼓勵，加上都市內部環境老舊髒亂、交通工具的進步，促使許多原本居住在都市的人們因為郊區有比市中心便宜的土地、對郊區環境的嚮往……等原因造成許多人移往郊區居住生活。如此造成郊區的發展，使都市逐漸向外圍地區擴大，蔓延出去到更遠的地方，成為一大都會地區，也就是所謂的都市擴張或都市蔓延。「蔓延」一詞最早出現在說明美國 1960 年代都市發展的郊區化形式，Clawson (1960)、Gottmann (1961)、Harvey and Clark (1965) 等學者強調「蔓延 (Sprawl)」或「大城市化 (Megalopolitanisation)」的空間延伸過程之概念 (朱文彬，1994)。

而這種都市蔓延的發展，一般的特徵是低密度的、雜亂的郊區蛙躍發展模式，雖然對人們生活有一些好處，但在都市發展深入鄉村地帶後，對自然資源、環境來說，卻是持續的破壞 (林承緯，2005)。都市蔓延是在經

濟、政治、社會、環境、交通等各項因素的支持下所形成，這種從人性角度出發的土地開發形態，時常忽略了自然環境的重要性，直到此種土地開發形態產生強大的負面影響，決策者、規劃者、民眾、學者…等相關人士才重視到自然環境的重要性。

在國外，研究指出都市蔓延的影響，諸如交通堵塞、空氣污染、負擔的起的住宅缺乏 (Shatzkin, 2004)、地景功能的改變 (Antrop, 2004)、食物價格上升 (Li and Yeh, 2004)、環境汙染 (如地下水、金屬污染、廢物污染) …等在自然環境、政府財政、社會環境、交通運輸方面皆有影響 (高佩菁, 2002)。但也有一些正面的影響在人類生活環境及身心健康方面 (如環境舒適)。

在氣候暖化方面，以全球的尺度，氣候學的研究指出地表氣溫自 1860 年上升了 0.3-0.6°C (在北半球為 0.5-0.7°C) (Jones et al., 1999)。Lamprey et al. (2005) 認為會造成如此原因是人類活動所造成的，人類影響氣候透過溫室氣體和浮質在大氣組成，而且也透過土地使用/土地覆蓋的改變影響氣候。聯合國世界氣象組織 (WMO) 和環境規劃署 (UNEP) 共同成立的「政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)」於 2007 年 2 月 7 日在法國發佈 IPCC 第四次評估報告，報告摘要即指出，全球暖化可能主要是人類活動所造成。並且也提出人類活動所產生溫室氣體以二氧化碳為主。大氣中的二氧化碳濃度從工業革命前的 280ppm 增加到 2005 年的 379ppm。大氣二氧化碳濃度增加的主要來源為化石燃料的使用。其次是土地利用的改變。

都市蔓延的生活型態通常是以汽車為主的交通型態，以及低密度大面積的房屋，沿著高速公路的發展…等，這些型態的特點是消耗大量能源，造成更多污染的產生。而這種發展型態逐漸演變成近年來全球環境變遷的後果，尤其影響在全球氣候暖化方面，全球的氣溫不斷的上升，使得南北極冰層的減少，以及其他各種天災的發生。

當世界各國逐漸重視到環境變遷所造成的危害後，都強調永續發展的觀念。綜觀世界各國永續發展的觀念，最早由聯合國於 1972 年發表「人類宣言」，除宣示人類共同建立一個健康的生態環境之重要性，並督促工業化國家和開發中國家攜手規劃未來地球發展藍圖。1983 年聯合國第 38 屆大會上通過成立「世界環境與發展委員會」(World Commission on Environment and Development, 簡稱 WCED)。WCED 在聯合國第 42 屆大會上發表『我們

共同的未來 (Our Common Future)』報告，並提出「永續發展 (Sustainable Development)」的概念，其談論到永續發展為「強調在滿足當前需要的前提下，人類對環境的需求，應建立在不致危及下一代生活需求之權利的基礎上」。之後的 1992 年巴西里約召開地球高峰會議 (Earth Summit) 通過的 21 世紀議程 (Agenda 21)、1997 年的京都議定書 (Kyoto Protocol) 等，均強調自然環境的重要性，目的在二氧化碳減量以及再生能源的使用。此種觀念應用在都市發展的領域上，學者近年來越趨向於緊密都市的發展模式，以保護都市外圍¹土地的不受破壞。

在台灣，由於追求經濟發展為主的情況下，市中心房地價的高漲，以及建商紛紛向都市外圍、郊區興建房屋，人們負擔不起高價住宅，紛紛往都市外圍遷移，再加上鄉村都市人口外移的嚴重等因素，使得都市有擴大現象。政府大量興建快速道路及高速公路，造成了台灣都市有逐漸向外延伸的趨勢，似乎是符合都市蔓延的發展型態。土地使用方面，農業土地與綠地大量的變更成建築用地或是違法使用，破壞地景與自然生態，如此將造成嚴重的環境變遷，氣候暖化的發生。

在現今有許多學者提倡的緊密發展型態，也越來越受重視，是起因於都市蔓延對自然環境和社會環境等所造成的嚴重的影響。然而，都市蔓延發展在台灣已是不可抹滅的事實，此種發展型態也是經過一段長時間而形成，其對自然造成的影響也不是立即可以解決的，唯有在了解形成此種都市發展型態的成因以及所造成的影響，才可提出相對應的解決對策，使我們生存的環境可以永續的生存下去。

二、研究目的

基於上述的動機，本研究有以下目的：

- 各國都市蔓延對氣候暖化的影響
- 探討台北都會區氣候暖化情形
- 實證分析都市蔓延影響氣候暖化結果

第二節 研究範圍與研究方法

¹ 都市外圍地區位於都市與鄉村之間的過渡區域，同時存在都市和鄉村的活動，並且隨著都市發展，都市外圍地區將隨之向外移動 (Douglas, 2006)。

一、研究範圍

(一) 空間範圍

本研究空間範圍主要為台北都會區，包含台北市與台北縣，資料分為年平均氣溫資料與都市蔓延指標二部分。

1. 氣溫資料

在年平均氣溫資料方面，因為使用地理資訊系統（GIS）內插法處理，為求得到各地氣溫之準確度，氣溫資料包括台北市、台北縣、基隆市、桃園縣、新竹縣等地區，氣溫資料來自中央氣象局氣象測站 44 處，以及行政院環境保護署空氣品質測站 26 站，取其中之氣溫資料。其測站位置²如下圖 1-1。

2. 都市蔓延指標

本研究都市蔓延指標在敘述統計之分析部分包括台灣地區，然而實證範圍僅包括台北都會區的各鄉鎮市區為主。

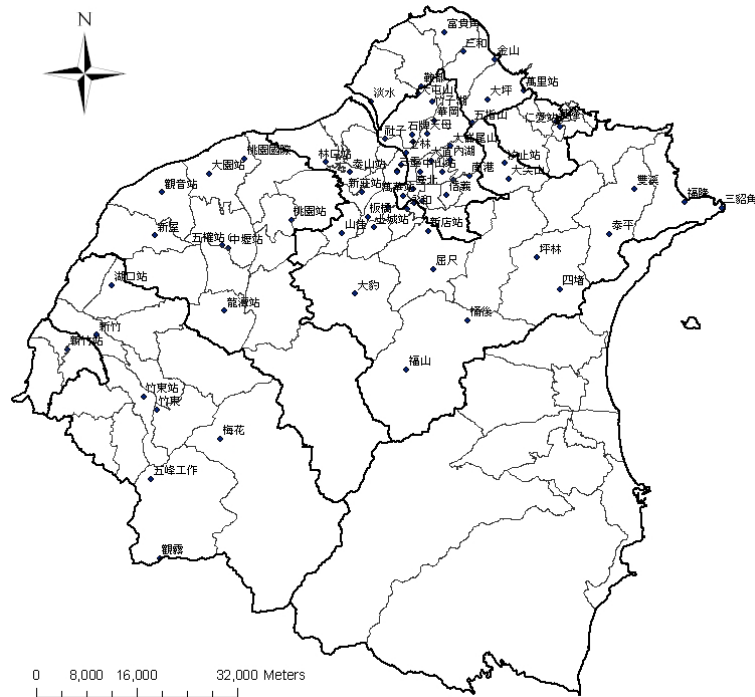


圖 1-1 研究範圍測站分布圖

資料來源：中央氣象局、行政院環境保護署

本研究繪製

(二) 時間範圍

²氣溫測站僅取 1996、2001、2006 三年的資料，而此 10 年之測站有所增加，所以這三個年度的測站總數不相同，1996 年有 54 個測站、2001 年增加到 68 個測站、2006 年增加到 70 個測站。圖示部分僅列出 2006 年測站。

本研究之時間範圍在敘述統計之分析部分是以 1990~2006 年(視資料之最後統計年)³的資料進行分析；實證研究部分則以 1996、2001、2006 年三年的資料進行分析。

二、研究方法

(一) 地理資訊系統 (GIS)

1. 內插法 (interpolation)

利用地理資訊系統中的內插法來計算出台北都會區各地氣溫選 3 個時間點觀察其表現情形，再描繪出擴散分布圖，判斷此 3 年分布圖所表示的擴散方向是否與都市蔓延之方向有關。

2. 空間自相關分析 (Spatial Autocorrelation)

利用空間自相關分析各村里人口數的空間自相關程度 (Moran' s I)，呈現聚集或是分散的現象。

3. Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran' s I)

計算每個地物與其他周圍地物間的相似程度的指數，若分析為正值，則此地物與周圍地物相似；若分析為負值，則此地物與周圍地物不相似。由此可以分析人口資料之空間聚集情形。

4. 熱點分析 (Hot Spot Analysis)

熱點分析可以分析出由 Local Moran' s I 所計算出之聚集為熱區 (hot spot) 或是冷區 (cold spot)，以人口聚集來說，熱區就是人口多的聚集區域，冷區即為人口少之聚集區域。

(二) 統計分析方法

本研究結合橫斷面資料型態與時間序列之資料型態，所以採用長期追蹤資料 (panel data) 之分析方法探討台北都會區年平均氣溫變化是否與都市化指標 (如人口數、耕地面積、都市計畫工業區面積、都市計畫公共設施用地面積等) 呈現相關及其影響程度為何。

³ 因為各項資料統計最後年度的不一致，有些資料只能取得到 2005 年，有些資料取得到 2006 年。

第二章 文獻回顧

第一節 都市蔓延與都市化、都市擴張之意涵與整合

都市化、都市蔓延與都市擴張皆是都市發展的過程之一，都市化是因為人口的聚集而發生的現象；都市蔓延則是因為人口聚集後，市中心衰退、或就業的外移、交通工具的發達……等所產生的現象，使人民往郊區移動，造成都市外圍地區的都市化的結果；而都市擴張即是由於人口不斷的增加，都市邊界則會繼續向外擴充的都市發展的過程。

高佩菁(2002)認為人口從鄉村遷移至都市為都市化過程；而人口從都市移動到郊區，為郊區化的過程，此時都市蔓延開始發生，其特色為缺乏計畫指導、散亂、不連續的擴張；相較於都市擴張則是都市發展過程中，有秩序、連續的發展。

王國權(2005)卻認為以各國地理環境與社會經濟條件的不同，都市蔓延的定義會有所差異，在台灣因為地狹人稠，在空間上不易看出都市蔓延的蛙躍發展特徵，而隨著都市成長及社會進步，交通旅次的增加是必然的，以及台灣土地使用的控管不夠完善，因此台灣的都市成長，可以認為是都市擴張甚至是都市蔓延的結果。

也有學者把都市蔓延、都市化、都市擴張相互影響而提出的解釋，指出都市蔓延為都市擴張發展的一個過程或是人口成長形成的都市化現象(Sudhira et al., 2004; 許珮漩, 2007)。

綜上所述，本研究認為都市蔓延屬於都市發展較為負面之發展型態，而都市擴張與都市化都可認為是都市拓展其空間範圍之現象。因此本研究認為都市蔓延、都市化、都市擴張這三個詞語可以統稱為一種都市發展所產生的現象—即人口不斷的向都市外圍移動而造成都市的範圍持續向外延伸所形成的一種現象。此現象可能會使都市外圍的動態地景持續的在改變，不論是建成地區的增加以及農地、森林的喪失或是環境的改變而影響在全球暖化的問題上。因此本研究以下將此現象皆認為「都市蔓延」現象，此即是本研究所討論的重點。

第二節 都市蔓延對自然資源的影響

有許多國內外學者研究都市蔓延所產生的影響，不論是對自然環境、生態系統、社會、經濟、土地使用等各種面向上大多是對於其負面影響的討論，然而也有部分學者（如 Boyce、Ohls and Pines、Peiser 等）持相反的意見，不認為都市蔓延一定只有負面的影響。本研究僅回顧都市蔓延影響在土地相關的自然生態與土地使用方面：

一、自然生態面

都市蔓延一般最為被廣為人知的影響就是對自然生態的影響，尤其在現今倡導永續發展的社會，政府、地方、學者均強調環境保護的重要，都市蔓延在自然生態面的負面影響整理如下：

（一）自然綠地的消失

由於都市化的形成，原本為綠地地區被混凝土、瀝青、以及各種物質所形成的都市形態所覆蓋，使綠地面積減少。都市長期最嚴重的問題是主要農地的減少。依據 Nebel and Wright (1998) 所述，世界上有 65%的土地是沙漠，荒地或高山，其中沒有一種可以耕作，另外 24%的土地為邊界土地，它們過度乾燥或潮濕，只有 11%的土地是主要的耕地。耕地的減少是全球都有的現象，所以各國家都沒有多餘的土地可以浪費。然而在現代化與工業化的過程中有許多的農地被拿來開發使用，而有限的農地也因為侵蝕和鹽化使得灌溉的土地更少了，這種浪費農地拿來開發的行為，對於任何國家而言都是不負責任的行為。

高佩菁（2002）研究台中都會區擴張過程指出，都會區核心區、邊緣圈及郊區圈之農地快速的流失。另外從都市發展用地之開闢率來看，在農地高度流失地區其住宅、商業及工業用地之開闢率皆未達 80%，顯示都市計畫範圍內之發展用地並未有效利用，而是將地價較便宜之農地，變成都市化使用。張誌安（2005）分析台灣鄉村的蔓延，發現自 1976-2001 年之間，全國耕地少掉 38,706 公頃，減少了 4.36%，且全台縣市都呈減少的趨勢，僅有嘉義、花蓮、南投的耕地有在成長；以都會區的範圍來看，全部都會區減少的耕地面積至少都有 10%，而耕地流失最嚴重的三個行政區為高雄市、台中市、台北市，剛好是北、中、南三大都會區的中心都市，推斷耕地減少的速度應與該地都市化的程度有一定的關係。

（二）空氣污染

有數據指出在都市地區的空氣污染汽車排放占80% (Nebel and Wright, 1998)。可見都市蔓延使用大量的汽車對空氣污染的危害。並且都市地區散發全部人為的碳在78%~97%之間，其中60%是由大眾運輸和建築物而來，其餘是從產業而來。這些散佈瀰漫著整個大氣之中超過3~4個月的時間，但卻只是由一小地區產生 (O' Meara, 1999)。其容易造成溫室效應的產生以及臭氧的枯竭，和各種空氣污染問題。

(三) 水源污染和洪水氾濫的增加

Nebel and Wright (1998) 表示所有公路、停車地區和其他有道路與都市擴張有關的地區導致排出的廢物實質的增加。甚至水泥石油道路的鋪設，改變了溪流以及分水嶺的樣貌 (高佩菁, 2002)，也妨害草地與雨水的吸收。而這些影響的結果可能會增加河川的氾濫、河流的侵蝕和減少水量。

(四) 能源消耗

都市蔓延的通勤使用大量交通工具，其中以汽車為最多。Friedman (2004) 指出在社區層級，運輸工具佔所有能源使用的 40~50%，居住的建築物使用另外 20~30%，因此幾乎 80%的能源都是由都市所使用。且由於依賴車子的生活方式，也就必須負擔對資源需求的增加。從 1945 年到 1980 年，美國石油的消耗是人口成長的四倍。此外，市郊地區的房子比城市的房子在暖氣與冷氣多耗損 1.5 或 2 倍的能源 (Nebel and Wright, 1998)。所以說都市蔓延與能源消耗是存在正向的關係。

(五) 動植物的減少

Nebel and Wright (1998) 也提出無數的都市公園因公路開發而消失。當自然環境因開發而遭受破壞時，許多野生動物也因此死亡。此外，有些種類的生物需要完全未開發的地區才能生存。所以，今日更多的野生動物被交通工具殺死的比獵人打死的還多。Robinson et al. (2005) 以實證資料，發現西雅圖地區蔓延確實造成郊區的動、植物的種類及其數量的減少。

二、土地使用面

(一) 交通問題

陳明竺 (1992) 與 Sierra club (1998) 皆提出由於都市蔓延居住與工作、娛樂、購物的分開，增加大量的通勤需要會造成通勤旅次增加，造成交通擁擠的問題；而在高佩菁 (2002) 則提出的由於高速公路的建設及汽車的普遍使用，使都市沿著公路向外擴張。又聯邦政府每年花費龐大費用建造高速公路，企圖改善交通擁擠問題，然而又增加了交通工具的使用，以及都市繼續的向外蔓延，產生更大的交通量，如此反覆的循環，更加深交通的惡化。

(二) 地景功能改變

從 1960 到 1990 年，美國都市人口密度減少超過 30%，而都市人口增加 50% (US Census Bureau, 1993)。原本鄉村地區的土地提供人們從事農業、新鮮空氣、美麗風景、動植物生活的功能，因為都市蔓延而使鄉村地區逐漸變成都市化地區，其地景也從原本鄉村田野景觀逐漸成為水泥磚牆的大樓所覆蓋；而都市中心地區也由於髒亂擁擠、衰敗消退，人們都移往郊區，變成人煙稀少的地區。換句話說，都市蔓延造成許多地景生態和作用的改變，導致空間結構和型態的改變。地景的改變，時常可以從都市土地的面積增加而自然的農業土地和綠地面積的減少中發現 (Antrop, 2000)。但是都市化的地區並不代表就是充滿著水泥磚牆的大樓和道路完全覆蓋，仍然有些許部分是綠色地帶，並且持續著生態系統的功能，只是，其功能和形式變的比較困難 (Svirejeva-Hopkins, 2004)。

在都市蔓延的過程中，農地或綠地可能是以散布、不連續的形態呈現，如此造農地和綠地不能充分發揮其功能，例如農地總產量下降、農地違法轉用、期待未來價值而閒置不用、涵養水源、淨化空氣等效果消失。

由上述可知，都市持續的蔓延發展，逐漸擴展到鄉村的範圍，使鄉村與都市分界模糊，鄉村逐漸有著都市的功能，因而與原本的地景自然環境、歷史、甚至是文化產生對立的情況。此現象是隨著社會、環境的改變下產生的都市蔓延所造成的，會逐漸的吞噬掉鄉村原本的自然風貌，並且造成許多在自然和社會方面的問題。然而重視此種地景改變的人仍在少數，多數人都是嚮往擁有都市般的生活情景，忽視了鄉村原有的特殊地景。

(三) 農地轉用問題

農地轉用問題甚為嚴重，因為居住都市外圍的居民期望其土地可以得到更佳收益，而將農地作為其他使用，也由於原本在市中心的工廠或其他產業因為市中心的地租過高，無法負擔，而期望在離都市外圍的地區尋求便宜地租的地點，因此在市場機制下，兩者有供需的關係，因而造成農地違法轉用的問題。如此未經管理的工廠設置和優良農地的喪失，會對自然環境造成莫大的傷害。

(四) 都市空間的改變

除了市中心的衰敗之外，人們的居住空間也有很大的改變，遠離市中心的人們在都市郊區擁有較大面積的房屋，造成低密度住宅的大量產生，並且都市發展是沿著交通運輸廊道和機場的周圍發展 (Antrop, 2000)。美國農業部農經資訊 (2002) (USDA Economic Research Service) 發現幾乎最近建造的住宅都位在都市外圍或郊區，結果是增加消費農業土地和開放空間。過去 20 年，新的獨棟住宅 (single family) 的住宅面積上升 2 倍。

都市蔓延是一個都市形態動態化的過程，它是慢慢的、逐漸的影響我們生活的地區，一旦蔓延的影響造成，不論是在自然或是人文方面，不但是會造成許多災害，若要回復原狀也是相當困難的。都市蔓延除了上述的負面影響外，有些學者對於都市蔓延抱持不只有負面的影響，也許在長期來看，對都市經濟的成長是有幫助的。

Boyce (1963) 認為都市蔓延是為未來發展預留了彈性，特別是在不確定和不完整的知識體系中。

Ohls and Pines (1975) 以生活空間 (Living Space) 和可及性權衡 (Trade-off) 的考慮下，以簡單的動態觀念對資源 (住宅單元) 分配。發現蛙躍的土地發展，是由於人們偏好低密度或低住宅成本，使得都市外圍地區發展了低密度住宅，就長期而言可能產生更有效率的都市形式。

Peiser (1989) 整理 Ottensmann (1977)、Schmid (1968) 以及 Ohls and Pines (1975) 的觀點，認為以長期來看，不連續的發展所保留下來的空地可以提供未來更密集的發展，使都市發展更加緊密。

Glaeser and Kahn (2001) 認為畢竟人們喜歡大房子、大庭苑、接近舒適、方便的購物中心，和其他蔓延的特徵。且已有經驗上的證據指出美國就業的離心化的原因是對於郊區舒適的消費需求。

第三節 都市蔓延與氣候暖化

過去各國皆重視經濟發展的資本主義時代，土地視為一項生產因素，經由土地之生產過程而產生許多利益，且由於人口的增加與聚集，使得都市快速的成長，進而有大量的土地開發。Svirejeva-Hopkins (2004) 認

為當都市持續蔓延時，自然系統和地景的土地轉變，即一個「自然的」土地變成「都市化的」，這種轉變是不可避免的。

在認知經濟發展對環境造成的危害後，近年來各界紛紛注重在土地環境與自然生態的保護。布蘭德世界環境與發展委員會（The Bruntland World Commission on Environmental and Development）（1987）發現許多嚴重的環境問題是起因於快速的都市成長。現代化的都市和都市郊區忍受更多受污染的大氣和水體系統，少量的陽光和非都市化地區不同的微氣候（所謂的都市熱島效應）。

在前一節敘述都市蔓延的一般影響之後，發現與環境問題相關的都市蔓延問題多在自然生態面、土地使用面的影響。然而都市蔓延尤以土地使用變遷對自然環境的喪失或破壞會造成相當嚴重的後果，如各種氣候變遷、空氣污染、熱島效應、綠地喪失、物種消失……等，且易形成惡性循環——都市繼續蔓延。因此，本研究將著重探討當前都市發展所面臨之重要課題——氣候暖化，即都市蔓延的負面影響與氣候暖化之關係為何。以下將針對都市蔓延與氣候暖化的相關研究整理之：

一、都市熱島效應⁴

Yamashita(1996)認為都市氣候，特別是熱島現象，已經變成都是人類環境和全球氣候變遷的重要觀點，因為越來越多人們住在以開發或開發中國家的都市地區。所以都市熱島效應會造成氣溫增溫的現象，在部分人口集中的區域會較為顯著。尤其在台北都會區之熱島效應大於台灣中、小型之都市，且密集的商業區容易成為都市熱島的中心（林憲德等人，2001）。孫振義和林憲德（2006）研究台南 14 個鄉鎮市也發現，在城鎮中心，或是重要的交通、經濟、文教，與行政中心也會形成都市熱島。陳昭銘和汪鳳如（2000）的研究計算台灣地區都會區測站之暖化趨勢約 44%應與都市熱島效應有關。鄭祚芳等人（2007）也證實熱島效應是導致北京各地氣候變暖的主要原因，佔總增暖比重的 47.5%~61.2%。因此在都市蔓延的情況下，人口往都市外圍移動，似乎會擴大都市熱島之範圍。

⁴由於都市中大量的人工發熱、建築物、道路的高蓄熱體、綠地稀少等因素，造成都市的高溫化。因此，溫暖化的都市在周遭低溫郊區的背景襯托下，有如一座發熱般的島嶼，這種現象在氣象學上稱之為「都市熱島(urban heat island)」。都市熱島所產生的效應之一，是當天氣晴朗、平靜，以及夜間逆溫層存在時，都市熱島將形成嚴重的空氣污染問題之塵罩現象（林憲德，1994）。

國內相關文獻多對於人口規模與都市熱島的研究，發現綠地（或綠覆率）與緩和都市熱島有明顯之相關性。在國內都市熱島之研究多注重於測量工具所得到之溫度比較，以及分析影響都市熱島溫度的因素。或是都市內部各種土地使用形態與都市熱島強度⁵差的關係，

國外文獻方面，Karl et al. (1988) 的研究也與國內相一致，提出都市熱島強度通常隨城市人口數的增加而增強，其所導致的暖化現象則在 10 萬以上人口的城市較為顯著。Yamashita(1996)研究日本東京都會區都市熱島現象在晴天時熱島強度可以高達 5°C；Kim and Baik (2004) 研究韓國六大城市的熱島強度，在首爾為最高，每日平均最大熱島強度為 3.34°C。可以見得不論國內外的都市，都存在著都市熱島效應之問題。

以下分別就國內外研究所提出之影響都市熱島的正、負相關因子與所提出的改善都市熱島之方法做一整理說明：

(一) 與都市熱島現象呈現正相關之因子

人口數、樓地板面積（林立人，2000）、人工物土地（林憲德等人，2001）、建築物之分布、都市開發面積、公共設施用地，住商混合用地（鄭婉純，2004）與都市氣溫分布呈現正相關。尤其鄭婉純（2004）指出公共設施用地與都市氣溫間之正相關性以及影響力均較其他土地使用類型為高；林憲德等人（2005）研究指出人口數若達到 23,000 人，都市熱島強度會上升 1°C；若人口數達到 10 萬人以上，則都市熱島強度會上升 2°C。

(二) 與都市熱島之氣溫上升呈現負相關之因子

綠地（Mehmet et al., 1995；林立人，2000；林憲德，2001；鄭婉純，2004；李洋毅，2006）被認為是最顯著的負相關因子，因為綠地的降低都市氣溫的功能；鄭婉純（2004）研究結果發現台中市低度開發之工業用地對都市氣溫之影響為負相關性。

(三) 緩和都市熱島之建議方式

上述許多研究也提出一些改善都市熱島的方式，如林憲德等人

⁵為計算「都市熱島效應」嚴重程度，通常以都市與郊區溫度差之值 $\Delta Tu - r$ 作為評估，亦稱為「都市熱島強度」(Urban Heat Island Intensity, UHIs)

(2001)認為人口密度(或都市計畫人口)、建蔽率、容積率、綠覆率、水域密度的調整或變化可以降低都市熱島的程度。孫振義、林憲德(2006)的研究更具體的說明有效利用已開發土地、停止無限制的擴張,保留農田區域的比例,將有效減緩都市熱島之惡化。Yamashita(1996)也表示考量都市與人類環境,應用在都市計畫和都市再發展可以緩和都市熱島現象。

二、都市化所形成之氣候暖化分析

都市熱島效應的分析是屬於短暫時間的氣溫量測,並且以都市中心與郊區作為對照來比較,計算測量當時二地氣溫的差距,以作為都市熱島效應判斷的基礎。然而都市不是短暫存在的,在都市的環境變遷上雖有都市熱島效應的問題,但是都市長期以來氣溫之變化也是判斷都市氣候暖化造成影響的依據,也是許多文獻討論的方向之一。

(一) 各國都市化對長期氣溫之影響

都市長期以來不斷的發展,不論是小都市成長為大都市,大都市形成都會區等都市化過程,以及當前都市蔓延型態的發展,對長期氣溫的變化會造成一定的影響。以下針對台灣與其他國家對於都市氣候暖化之研究做一回顧。

Colin et al. (1999) 研究賽普勒斯 (Cyprus) 兩個氣溫測站近 100 年的氣溫變化,結論平均溫度大約 $1^{\circ}\text{C}/100$ 年的增加趨勢。他認為賽普勒斯長期的溫度上升是因為在大氣中溫室氣體的改變所導致,更進一步的說,這些改變的部份可能是由於賽普勒斯都市化增加導致地方土地使用改變所造成的。

Sami et al. (1997) 研究科威特 (Kuwait) 之氣溫變化,發現自 1972 年之後氣溫增加 $0.03^{\circ}\text{C}-0.08^{\circ}\text{C}/\text{yr}$,是為暖化的時代。他認為暖化之原因一部分是由於全球氣候變遷,其餘是由於人類都市化使地方氣候變遷。

Founda et al. (2004) 觀察 1897~2001 年希臘雅典 (Athens) 國家天文台 (the National Observatory of Athens (NOA)) 的氣溫資料。分析指出雅典每年的溫度在過去一世紀上升 0.47°C 。並且在過去 10 年,

實證統計上有明顯暖化的趨勢，因此都市作用與雅典天文台溫度資料需要被注意。

Oh et al. (2005) 觀察韓國的氣溫變化，10 年的分析結果顯示都市地區溫度快速上升 1.39°C (首爾)，和鄉村地區上升 0.43°C 。而在 Chupungnyeong (秋風嶺) 地區在過去的 30 年間，溫度受都市化的影響只增加 $0.44\sim 0.86^{\circ}\text{C}$ 之間。

Lamprey et al. (2005) 使用 PSU/NCAR MM5⁶ 從 1990 年模擬 5 年美國東北部農業土地覆蓋和都市土地覆蓋的氣候敏感性。結果發現在冬天和夏天都市化影響都市地區附近地表的氣溫增加超過 1K ⁷。

張井勇和董文杰(2007)研究近 10 幾年來大陸東部的長期氣溫變化，發現都市化和土地使用的改變可能增加地表平均溫度 $0.12^{\circ}\text{C}/10$ 年；以及增加地表最低溫度 $0.2^{\circ}\text{C}/10$ 年，和增加地表最高溫度 $0.03^{\circ}\text{C}/10$ 年。

徐森雄等人 (2007) 研究台中與彭佳嶼兩氣象站之 1949~2005 年平均氣溫資料，分析其差異，藉以瞭解台中市於都市化發展過程中，各項因素與氣溫變化之關係。結果台中市自 1949~2005 年之年平均氣溫上升率為 $0.005^{\circ}\text{C}/\text{Yr}$ ，但如僅就 1983 年以後來看台中市之年平均氣溫上升率達 $0.036^{\circ}\text{C}/\text{Yr}$ 。推測至 2050 年台中市之年平均氣溫為 25.0°C 。並且也提出這氣溫上升遠低於台北自 1980~1991 年之年平均氣溫上升率 $0.09^{\circ}\text{C}/\text{Yr}$ 。

(二) 影響都市暖化之相關因素

在台灣的研究方面，Wu (1994) 以統計分析看出台灣地區氣溫全年有上升趨勢。此乃台灣近年來工商業急速發展，人口增加，建築物型態改變，交通運輸量激增等所致。徐森雄、唐琦 (1994) 與徐森雄等人 (2007) 分別研究台北與台中的都市溫度變化，發現用電量、道路面積、機動車輛數、人口密度的增加與氣溫升高有明顯正相關，而水田面積則呈現負相關。

Philandras et al. (1999) 研究利用雅典國家天文台之氣溫資料，發現雅典建築物的增加以及 1970 年之後人口、汽車數量的快速增加，配

⁶ The Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research Mesoscale Model (MM5)

⁷ $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$

合降雨量的減少，都會使都市氣溫上升。

Quereda Sala et al. (2000) 分別觀察 1870~1996 年西班牙近地中海地區氣溫測站的氣溫資料，以及 1940~1996 年鄉村地區 27 個氣溫測站的氣溫資料，並與前一資料做比較。研究結果在指出二十世紀的後 50 年，都市發展和人類工業會對區域溫度有 0.57°C 的影響，這觀察的結果會增加都市成長的包袱。

Kalnay and Cai (2003) 研究認為人類活動對氣候最重要的影響是溫室氣體的排放和土地使用的改變，像是都市化和農業生產，但是很難分離這兩個影響程度，因為他們都是增加每日的平均地表溫度。

Chung et al. (2004) 研究首爾 29 年的氣溫資料，發現首爾每年平均溫度上升 0.52°C/10 年。他認為溫度的上升與工業化有關連，因為南韓快速工業化發生在 1970 年代晚期和 1980 年代晚期。

任學慧、李元華 (2007) 研究大連市 50 年來的氣溫，發現大連市隨著經濟的高速發展，相繼出現了城市規模急遽擴大、城市結構和功能以及環境明顯改變、「三污⁸」排放量劇增等現象，這對氣溫變化造成直接或間接的影響。結論認為城市人口數量、城市化水平、產業結構和下墊面⁹的性質改變是在都市化過程中影響氣溫的主導因子。

鄭祚芳等人 (2007) 對北京與其它兩個測站的觀測結果，提出分析氣溫與全市道路長度、道路面積、用電量、污水排放量、用水總量、工業生產總值、GDP、戶籍人口等城市化指標間的相關係數發現，相關係數介於 0.441~0.653 之間，其中與戶籍人口之間的相關性最強，表示城市人口的變動對氣溫的影響最明顯，也表示城市化程度愈高的區域，氣溫對城市化過程愈敏感。

以上各文獻有些有提及到土地政策及都市規劃的重要性，若政策或規劃出了問題，尤其是人口和公共設施配置的方面，對都市氣溫的影響很大，也就代表若在都市化的情形下，人口成長若控制的不佳，或是公共設施（尤其是綠地）的規模或配置不適當，反而會使都市熱島惡化，可能會造成都市蔓延的惡性循環。因此在土地規劃方面如何保護都市周圍的綠地

⁸三污為固體、氣體、液體污染，如廢水、廢氣、廢渣。

⁹包圍在地球外部的一層氣體總稱為大氣或大氣圈。大氣圈以地球的水陸表面為其下界，稱為大氣層的下墊面，包括地面、水面、植被、沙漠等。

以及土地和空間如何做適當的配置便是非常重要的課題。

三、都市的溫室效應與空氣污染

溫室效應為各國在對於氣候暖化、環境變遷主要的元兇，因為都市使用各種能源、破壞自然生態，皆會對於都市以及其週遭的環境造成影響，空氣污染也是都市嚴重的環境惡化問題之一，尤其蔓延式的土地開發方式尤其對能源的消耗甚大，如此會產生更多的溫室氣體及污染的空氣，當大量的溫室氣體進入大氣中即造成氣候改變和全球暖化¹⁰。Casperson et al. (2000)指出蔓延可能次要的摧毀森林在碳的隔離和增加化石燃料的消費來溫暖較大的房子以及通勤造成的氣候改變。

一般所知溫室效應是大氣中二氧化碳(CO₂)、臭氧(O₃)、甲烷(CH₄)、氟氯碳化物(CFCs)、氧化亞氮(N₂O)及一氧化碳(CO)等微量氣體之急速增加而引發的。其中二氧化碳為最重要之溫室效應氣體，地球上溫度上升有50%是由二氧化碳而來，其他甲烷、氧化亞氮、臭氧和氟氯碳化物為另外50% (楊盛行, 1995)。二氧化碳相較於其他溫室氣體，每單位二氧化碳造成的溫室效應並不高，不過二氧化碳在大氣中的含量遠大於其他溫室氣體。以全球而言，二氧化碳含量就佔了所有溫室氣體70%的比率，使之成為各類溫室氣體當中，對全球溫室效應貢獻量最高的氣體，約佔50%左右 (李豐任, 2005)；並且，溫室氣體還有生命期長的特性，以二氧化碳為例其生命期至少長達50~200年；甲烷在大氣之生命期甚至可達50000年以上 (謝淑婷, 2006)。可見自從工業革命以來，人類燃燒化石燃料、農業活動以及各項經濟活動產生的溫室氣體，現今仍然存在大氣之中影響著人類，假如從今開始不再產生溫室氣體，仍要承受相當長時間的溫室效應影響才能恢復原狀。

溫室氣體的產生，最主要的來源是化石燃料的燃燒，化石燃料燃燒則來自於交通運輸、工業發展所需要，而以自小客車的交通運輸型態為主的都市蔓延型態的發展，卻只有可能增加溫室氣體的排放量。有國際性的汽車使用研究提出，當每人平均交通工具排放可能在低密度、依賴交通工具的地區較高，交通工具排放的比例在都市化地區是較低的 (Kenworthy and Laube, 2002)。

另外，在空氣污染方面，在全球環境變遷的情況下，臭氧也是目前最

¹⁰全球暖化現象，係指大氣中增加了過量的溫室氣體，使地球表面如覆蓋在一層玻璃罩之下 (如溫室一般)，而使氣體逐漸升高之現象 (陳澤義, 1994)。

嚴重的空氣污染項目之一，台灣의空氣監測的結果顯示臭氧濃度與懸浮微粒是目前主要的空氣污染物，在強日照、低風速的氣候下，臭氧容易累積至高濃度，尤其在人口密集、汽機車使用頻繁的都會區更為嚴重，如此造成的臭氧累積會對生物形成危害（柳中明，1993）。

總而言之，都市化過程改變了地方碳的流動結構，造成溫室效應和空氣污染的產生，因此可以了解欲達到減少溫室效應及空氣污染的發生，則必須從減少其排放量或是加強吸收這些氣體著手。鑒於此，綠地有著良好的功能，可以利用光合作用以吸收這些氣體達到淨化空氣、保持溫度、溼度…等的功效，可幫助減少溫室效應和空氣污染的發生。

第四節 都市氣候暖化的解決方式

在許多由都市蔓延所產生都市熱島、溫室效應與空氣污染、地景功能喪失等而造成氣候暖化問題，若不加以控制，不只在都市區域會有暖化現象發生，甚至可能會對全球造成相當大的衝擊。解決方式除了上述第二節提到的緩和都市熱島的一些方法，主要是從土地的角度出發，如保留綠地

與限制開發為主，本節在緩和或使都市蔓延發展的不良影響降至最低的方法方面，有以下的可以施行之策略：

一、成長管理（包含智慧型成長、大眾運輸導向）

美國都市成長管理為控制都市失序的發展，以及透過規劃、管理與法令來提升土地使用與公共設施配置的效率，引導都市邁向完善的發展形態，最早期（1950s-1970）的成長管理即是為了保護環境資源為目的所設置。而近十幾年來所興起的智慧型成長方案，促進現有地區完善的發展計畫和途徑，並且提供交通運輸和住宅的選擇，可以幫助減少空氣污染和溫室氣體排放，也保存農地和開放空間（Shatzkin, 2004）。強調探討如何在內都市及舊郊區的成長品質，且重視綠地、溼地、農地的保護。其不但包括成長管理的目標，且加入都市設計與建築設計兩項元素，限制都會邊緣地區的不當成長，並且提倡內都市的再投資與環境改造，重塑都市空間意象，強化都市的適居性，建構大眾運輸導向之發展模式，來達到引導人口及產業的回流（賴宗裕，2003）。

在 1996 年成立的智慧型成長網路（Smart Growth Network），其中的智慧型成長原則包括如下：

- （一）混合土地使用
- （二）利用緊密的建築設計
- （三）創造多元的住宅機會與選擇
- （四）創造適宜步行的鄰里環境
- （五）支持形塑具有地方意識與特色的迷人社區
- （六）保育開放空間、農地、自然景觀及重要環境敏感地區
- （七）加強並引導開發活動至既成社區
- （八）提供多樣的交通運輸工具選擇
- （九）使開發決策具有可預期性、公平性及成本效益可及性
- （十）鼓勵社區及利益相關參與者在的充分合作

二、新都市主義（New Urbanism）

新都市主義是由建築師和規劃者在 1980 年代末期和 1990 年代初期，以改良所有房地產發展的觀念，所創造設計的一個運動（Shatzkin, 2004），是為美國都市發展與規劃的政策、成長管理的延續。起初是由於高速公路的興建與政府貸款保險政策的影響，造成郊區發展興起，市中心

衰敗的過程，形成蛙躍的都市蔓延發展形態下所產生的一種新的思潮，新都市主義反思現代都市缺乏的人文精神與關懷的現象，主要在都會區、和市郊區域提倡多樣混合且互相通連的鄰里地區。新都市主義的主要設計原則如下（林承緯，2005）：

- （一）緊密發展、混合使用且可以辨識的鄰里。
- （二）各分區具有適當位置與獨特性。
- （三）行人尺度的通道，通道上結合各種開放空間。
- （四）整合自然環境與人造社區，形成一個永續的整體。

三、緊密都市（混合土地使用）

緊密都市與都市擴張之概念相反，目的在藉由達到土地利用的高度集約化，希望功能上透過土地使用型態之設計與管制（如混合土地使用以及大眾運輸導向的交通系統），使日常生活之工作、休閒、居住與購物等行動在一定的範圍內，其倡導能源效率的土地使用計畫（energy efficient land use planning）、整合性的電暖能源系統及能源效率的建築（energy efficient building）等方法。緊密都市的達成可降低旅次的需求以及對汽機車的依賴，以及減輕整體環境負荷，創造永續的都市空間（徐國城，2006）。

Pemer（2001）建議緊密都市型態的發展策略有：

- （一）都市核心地區的機能加強
- （二）大眾運輸系統導向的都市發展架構
- （三）友善、環保的都市系統
- （四）綠地空間的保護與增設
- （五）都市窳陋地區的改造

四、能源之星（energy star）計畫

美國的能源之星計畫最早在 1992 年由美國環境保護署（Environmental Protection Agency；EPA）所提出，目的是降低能源使用的消耗以及增加各項電器及建築產品的能源有效率使用，而提出的一個標章措施，以供民眾購買各項家電用品（如洗衣機、電冰箱、冷氣機、暖器爐等）時可以選用有能源之星標章的產品以對環境保護盡一份心力。到

了 1996 年，美國環保署與美國能源部（the Department of Energy；DOE）宣布共同合作推動能源之星計畫，並開始推動能源之星建築物方案，至同年 12 月，已有 100 多家建商參與推動並建造 200 多家能源之星住宅，同時幾家銀行提供能源之星抵押貸款以購買能源之星住宅。另外也推出能源之星住宅改善工具，使民眾在修繕房屋也能採用能源之星產品。截至 2000 年底，計有 1,600 多家建商參與能源之星建築物方案計畫，24,000 多家住宅獲能源之星標章（中華民國能源之星網站）。

在以上敘述的四項方案中，可以看出美國為了降低都市蔓延所產生的成本，尤其在土地資源方面，多注重綠地及開放空間的保護、以及都市發展形態與土地使用的有秩序規劃、和多種節能設施的採用以達到永續發展及土地資源的有效利用，這些不論是從全國的政策方向探討或是在個別能源效率的使用上。然而在地方的應用上仍有許多工具可以應用，譬如綠建築設計與法規、節能措施、步行與自行車道的劃設、城市的美化綠化等，在各州或許有些許達成目標上的差異，但基本上的概念都是在減少對能源的需求、或增加汙染的吸收等減少自然環境的在蔓延發展下的負擔。

在實際執行的成效方面，據美國研究，若滿足一個家庭的加熱和冷卻需求的成本，投資幾百元在隔離和保暖的設施就可以減少 30% 的能源成本；加州研究發現利用太陽方位，順著太陽光加熱或冷卻，以及較狹窄的街道發展，能源減少可以達到 20% 以上；若是每年有 10% 的房屋適合政府的「能源之星效率水準（Energy Star efficiency standards）」，可以減少 400 億磅的二氧化碳進入到大氣（Shatzkin, 2004）。

第五節 小結

都市蔓延這個議題在世界各國均廣泛的被討論，所造成的各種負面的影響涉及各種層面，不論是人類社會、生物多樣性、環境生態方面。但是，都市蔓延這個課題卻又因為人口不斷的增加所造成的都市化地區的擴大，而無法有效的利用土地規劃與管制的方式獲得良好的控制，僅能緩和蔓延發展的速度而已。根據 IPCC 於 2007 年的報告表示，雖然全球各地的氣溫

不同，但是預測到 2100 年平均氣溫會上升 1.1-6.4°C，而且這個增加在北半球會比較大(IPCC, 2007)。

上述許多都市溫度上升的原因除了全球暖化的現象造成之外，都市化是最主要的因素，都市化所表現在人口數、汽車數量、建築物面積、道路面積…等的增加，以至於消耗的能源增加，不但是影響都市的氣候、也會造成溫室效應與空氣污染等自然與環境上之問題；然而都市蔓延發展更增加在汽車使用量、道路長度、與土地使用的改變，增加不必要的能源消耗。

由以上文獻回顧可以得知許多文獻在處理都市熱島現象的建議多從限制性的角度出發（如建蔽率、容積率、農田比例的控制…等）。又現今的土地規劃與管制面著重在土地配置形態與環境資源保護的規範，卻鮮少與減少能源及汙染排放的策略有效的結合。因此本研究期望藉由蔓延發展形態所造成氣候暖化的影響，並以台北都會區研究做為佐證，再依據各項氣候暖化之解決方式，對台灣當前土地規劃方式的缺失並且結合能源消耗及汙染排放減量的政策提出建議。

第三章 都市蔓延指標總體資料說明與分析

由於都市蔓延情形是表示在都市外圍或是郊區地區都市化的發生，換句話說，若郊區地區或是都市外圍地區逐漸形成有都市化的樣貌或特徵，則可認為有都市蔓延的情形發生。因此本章將從鄭祚芳等（2007）所提出之與氣溫呈現相關性的都市化指標（全市道路長度、道路面積、用電量、污水排放量、用水總量、工業生產總值、GDP、戶籍人口），選取部分並且增加部分（都市計畫面積、汽車持有率、總房屋面積、耕地面積）作為都市蔓延指標，來說明台灣地區歷年氣溫及各項總體資料歷年來的趨勢。並

討論目前台灣地區在農地政策與都市規劃上的現況，以及所面臨的都市蔓延和環境變遷現況問題；接著範圍鎖定在本研究的台北都會區，更進一步確認台北都會區目前現況，並利用各項資料詳述歷年的趨勢，以便了解台北都會區氣溫的變化與都市蔓延的關係。

第一節 台灣地區現況

台灣地區的都市在經歷都市化現象以來，台灣人口在 2006 年底已經達到 22,790,250 人，各大都市的人口也持續增加，所以歷年來政府都市計畫方面，持續的擴大都市計畫範圍，都市土地持續增加。農地方面，政策上固有敘及農地保護，但主要仍將農地釋出作為開發之用，所以歷年農地是減少的趨勢。因此本節先敘述當前政策現況以利後續現況分析。

一、台灣地區政策現況

(一) 都市計畫現況

台灣地區都市計畫區數截至 2006 年為止，共有 441 處，總面積為 451,686.92 公頃，其中市鎮計畫 139 處，面積為 171,903.51 公頃；鄉街計畫 193 處，面積 65,301.7 公頃；特定區計畫 115 處，面積 214,180.78 公頃。

以台北都會區近年來的都市計畫觀之，都市計畫範圍的擴大，勢必土地往郊區開發，衝擊到的就是農地的使用，變更農地為建築或公共設施、道路用地使用。台北市已經完全為都市計畫地區，而台北縣目前有 46 處都市計畫區，近年來是增加的趨勢。

(二) 農地政策現況

台灣的農業政策，在民國 84 年，為了持續經濟發展之需要，因應都市發展所需而變更農地為住宅、道路等用地，行政院實施「農地釋出」方案，成為振興台灣經濟方案重要措施之一。此一方案大幅放寬變更農地的條件，主要是使農地變更使用由市場來決定，因此造成農地大量釋出，成為買方市場。自民國 84 年至 91 年止，非都市土地農地變更為工業區、工商綜合區、勞工住宅、高速道路、高速鐵路、高爾夫球場等非農地，累計面積 9,000 多公頃；都市土地的農業區變更為各種使用者，也有約 4,000 公頃；另外非都市土地新訂或擴大為都市計畫面積的有 24,000 多公頃，總計 37,000 多公頃。可見農地釋出方案釋出的農地量之大，對環境將造

成若干問題。

又自民國 89 年後農地政策大幅鬆綁，農業發展條例的修正，從以前的嚴格管制的「農地農有農用」，轉變為現在僅要求「農地農用」，可以自由買賣農地。雖然此政策釋出的農地以總量管制作為控制，但仍然是持續的變更農地，如此政策鬆綁也衍生許多如大量興建農舍、農地違法使用等問題。

其後在民國 91 年台灣加入世界貿易組織(WTO)研擬的「農地釋出短、中、長期政策」，以至於最近的「農村改建方案」(草案)，其中的「田園社區開發」，雖然構想採用集村化的方式解決農地零星發展與農舍興建的問題，但仍然是從經濟發展的角度出發，而忽略環境保護的重要。因此近年來農地在都市需要之下成為犧牲的角色，但卻沒有注意到喪失農地所帶來之後果。

綜上所述，台灣地區之土地開發是持續在進行的，以及農地的大量變更釋出，並加以觀之歷年來各項都市蔓延指標(如都市計畫面積、人口數、汽車持有率、售電量、公路長度、總房屋面積)的觀察，是呈現上升的趨勢。這些蔓延指標的持續上升，化石燃料的使用增加、以及非透水面的路面設計、或是房屋使用的各項冷暖設備等，會使溫室氣體的排放增加，是造成都市氣溫上升與都市熱島效應的原因之一。

二、台灣地區都市蔓延指標分析

中央氣象局的台北、台中、高雄、花蓮氣象測站自 1990~2006 年的年平均氣溫變化圖(圖 3-6)，都市的年平均氣溫的確是在上升。可見都市蔓延指標與年平均氣溫之間可能呈現正相關之關係。以下分別就 1990~2006¹¹年台灣地區的都市蔓延指標說明：

(一) 都市計畫面積

歷年都市計畫面積(圖 3-1)之表示可以視為都市發展所需要面積，自 1991~2006 年，台灣地區都市計畫面積從 435,565.27 公頃增加至 451,686.92 公頃，增加 16,121.65 公頃，僅占台灣地區總土地面積

¹¹ 由於資料取得關係，部分資料為 1990~2005 年。

(3,600,618 公頃) 之 12.5%，雖然所占比例少，但是都市地區是大多數人生活的地方，都市越發展代表土地使用的越多，結果造成環境變遷影響到其區域之氣溫變化。

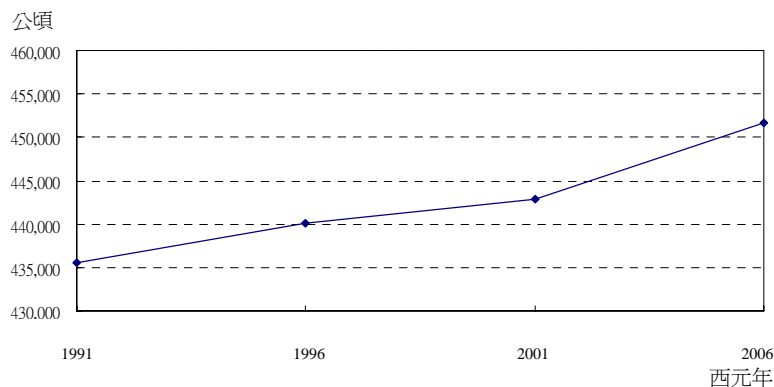


圖 3-1 台灣地區都市計畫面積

資料來源：都市及區域發展統計彙編

(二) 人口數

1990~2006 年台灣地區總人口數 (圖 3-2) 是持續上升的趨勢，自 1990 年的 20,359,403 人增加至 2006 年底的 22,790,250 人，共增加 2,430,847 人，其增加率為 12%。

在 1991~2006 年都市計畫區之計畫人口與實際人口部分 (圖 3-3)，也都是持續增加，計畫人口從 1991 年的約 21,315,800 人增加至 2006 年的 25,254,400 人，共增加 3,938,600 人；在實際人口部分，從約 15,589,700 人增加至 17,873,900 人，增加了 2,284,200 人。計畫人口與實際人口呈現一差距，此差距從 1991 年的約 5,726,100 人增加到 7,380,500 人，如此計畫人口與實際人口不符可能造成都市開發過量，對環境有所危害。

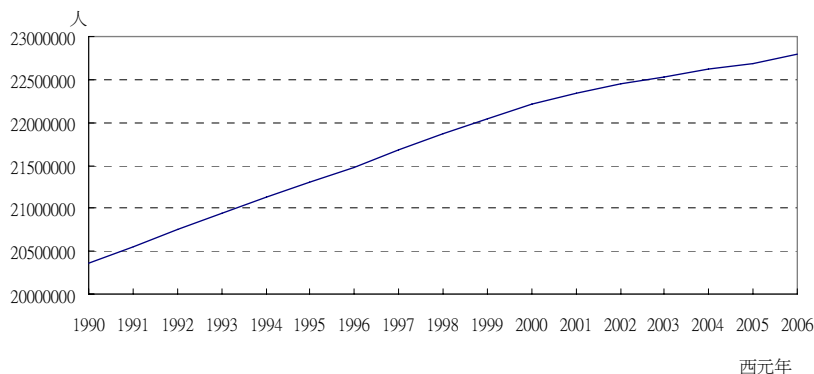


圖 3-2 1990~2006 年台灣地區總人口數變化圖

資料來源：都市及區域發展統計彙編

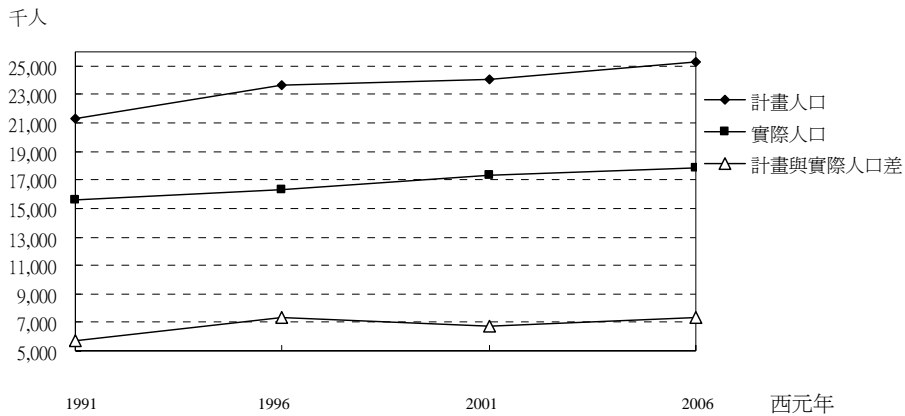


圖 3-3 1991~2006 年台灣地區都市計畫區人口與實際人口

資料來源：都市及區域發展統計彙編

(三) 汽車持有率

以 1990~2005 年台灣地區汽車持有率變化圖 (圖 3-4) 來看，近年來汽車持有率是持續增加，除了在 1998~1999 年 (208.3~205 輛/千人) 是減少之外，直到 2005 年 (248 輛/千人) 為止，汽車持有率是上升的趨勢，其增加率為 113%。因此汽車的增加所帶來排放廢氣的增加，也是造成都市熱島現象因素之一。

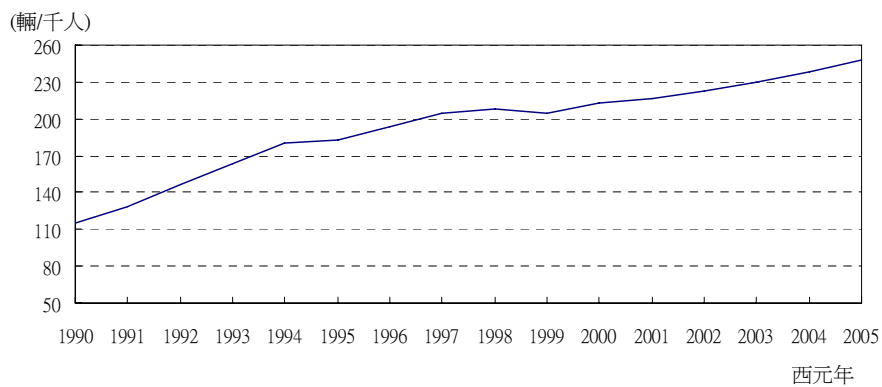


圖 3-4 1990~2005 年台灣地區汽車持有率變化圖

資料來源：都市及區域發展統計彙編

(四) 公路長度¹²

圖 3-5 為公路長度從 1990 年的 19,660 平方公里到 2005 年的 20,330 公里，可能表示道路開闢或通行的增加，也代表交通工具的發達、造成都市蔓延，對環境也可能造成影響。

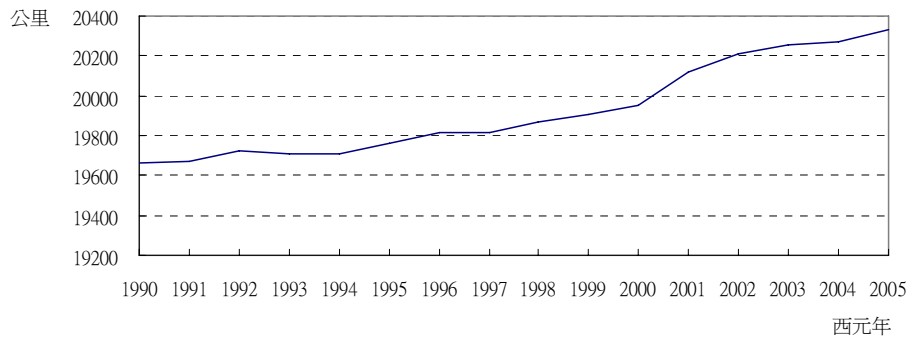
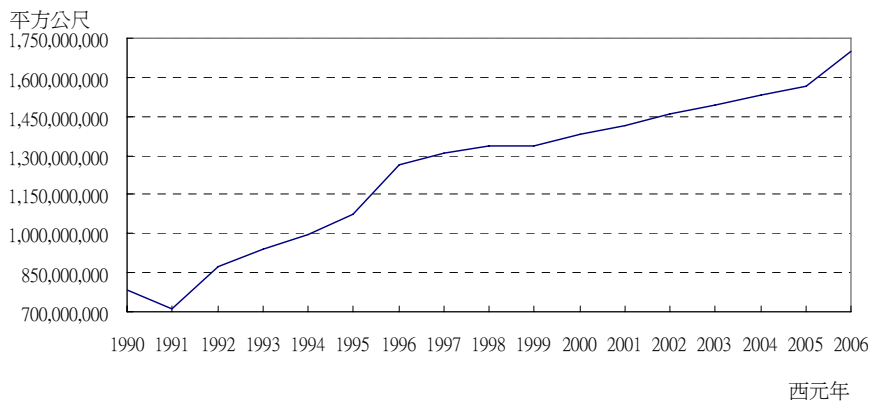


圖 3-5 1990~2005 年台灣地區公路長度變化圖

資料來源：都市及區域發展統計彙編

(五) 總房屋面積

圖 3-6 為 1990~2006 年台灣地區的總房屋面積變化量圖，可以看出只有 1990~1991 年的總房屋面積是下降的，其房屋總面積分別為 781,754,749 平方公尺及 713,558,720 平方公尺，然而之後直到 2006 年為止是持續的增加，2006 年底的總房屋面積為 1,700,824,025 平方公尺，自 1990~2006 年來共增加了 919,069,276 平方公尺（增加 118% 百分比）。



¹²此公路資料僅包括公路系統中省道、縣道、鄉道及專用道路，不包括一般市區道路。

圖 3-6 1990~2006 年台灣地區總房屋面積變化圖

資料來源：賦稅統計年報

(六) 售電量

圖 3-7 的 1990~2005 年台灣地區總售電量從 1990 年的 55,717,210,636 度持續增加到 2005 年的 123,597,612,438 度，共增加了 122%。可見每年的售電量是穩定的增加，也代表所排出的溫室氣體的增加，相對的可能為氣溫上升的原因之一。

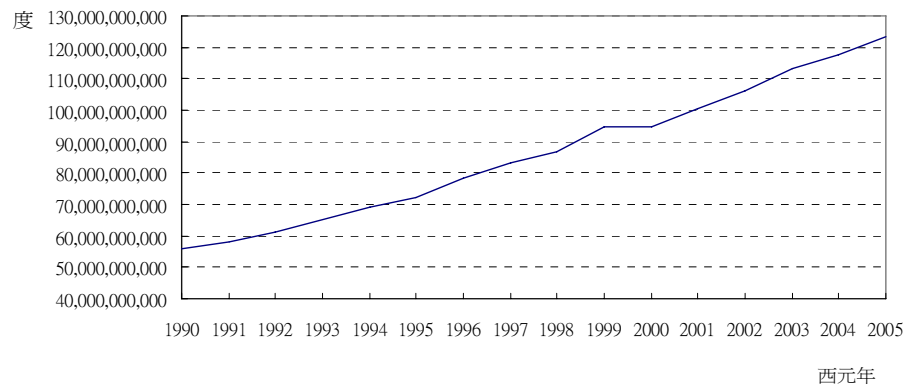


圖 3-7 1990~2005 年台灣地區總售電量變化圖

資料來源：台灣電力公司網站

<http://www.taipower.com.tw>

(七) 年平均氣溫

依照中央氣象局的台北、台中、高雄、花蓮主要都市四個測站觀之其年平均氣溫(圖 3-8)，發現各地的氣溫從 1990~2006 年都是呈現上升的趨勢，1990~2006 年氣溫平均上升達到 0.475 度(台北上升 0.3 度、台中上升 0.6 度、高雄上升 0.6 度、花蓮上升 0.4 度)。則可能說明了各項都市蔓延參數與氣溫變化之間的正向關係。

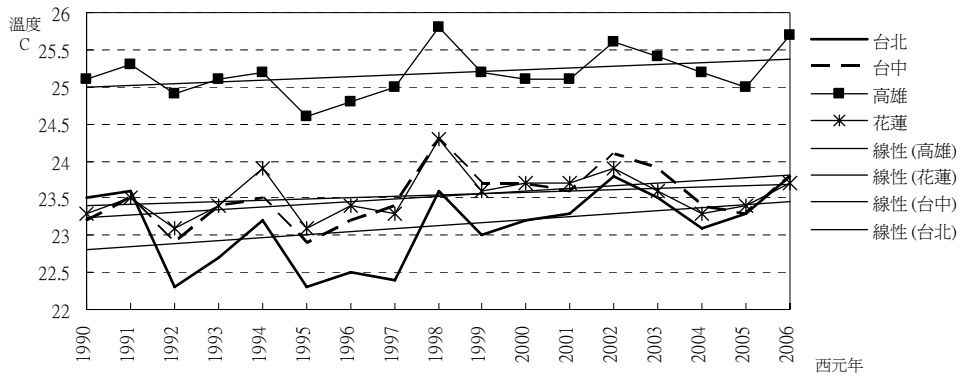


圖 3-8 1990~2006 年各地區年平均氣溫變化圖

資料來源：氣候資料年報

第二節 台北都會區現況

台北都會區與台灣地區之都市蔓延指標之歷年趨勢相類似，各項指標皆呈現上升趨勢。以下分別由都市計畫面積、人口數、汽車持有率、公路長度、總房屋面積、耕地面積、售電量與年平均氣溫說明：

一、都市計畫面積

台北市之所有土地均為都市計畫區土地，而台北縣有部分區域為非都市計畫區土地，若以本研究之台北都會區範圍來看（圖 3-9），自 1991~2006 年以來，都市計畫面積從 142,248.96 公頃增加至 148,167.07 公頃，共增加 5,918.11 公頃，占所有土地面積之 63.74%，可見得台北都會區之都市計畫面積增加在台北縣地區，且近年來持續的增加都市土地，也代表都市有擴大之趨勢。

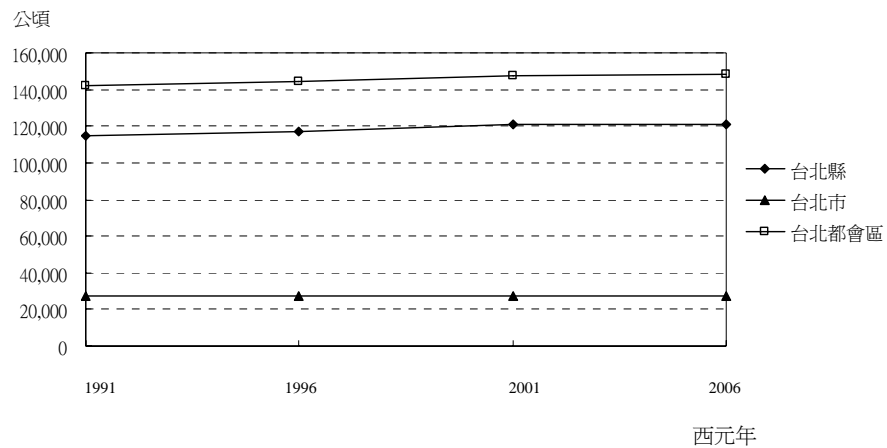


圖 3-9 台北都會區都市計畫面積

資料來源：都市及區域發展統計彙

二、人口數

1990~2006 年台北都會區總人口數（下圖 3-10）是持續上升的趨勢，自 1990 年的 5,767,693 人增加至 2006 年底的 6,399,337 人，共增加 631,644 人，其增加率為 11%；若就台北市與台北縣分開觀察，可發現台北市近年來人口呈現負成長，然而在台北縣則是人口增加，且增加率高達 24%，高於全國人口增加率的 12%，而台北市人口增加率則是 -3.2%，但是就台北都會區整體來說人口還是增加的。

以 1991~2006 年台北都會區都市計畫區之計畫人口與實際人口來看（下圖 3-11），計畫人口從 1991 年的約 6,315,700 人增加至 2006 年的 7,382,000 人，共增加 1,066,300 人；然而在實際人口從 5,825,270 人增加至 2006 年底 6,399,337 人，增加了 574,067 人。如同台灣地區，台北都會區之計畫人口與實際人口也呈現一差距，此差距從 1991 年的 490,430 人增加到 982,663 人，如此差距逐年擴大，顯示台北都會區的實際人口增加跟不上計畫人口，加上都市計畫面積也是逐年增加，如此可

能使人口分布範圍擴大，形成都市蔓延情形。

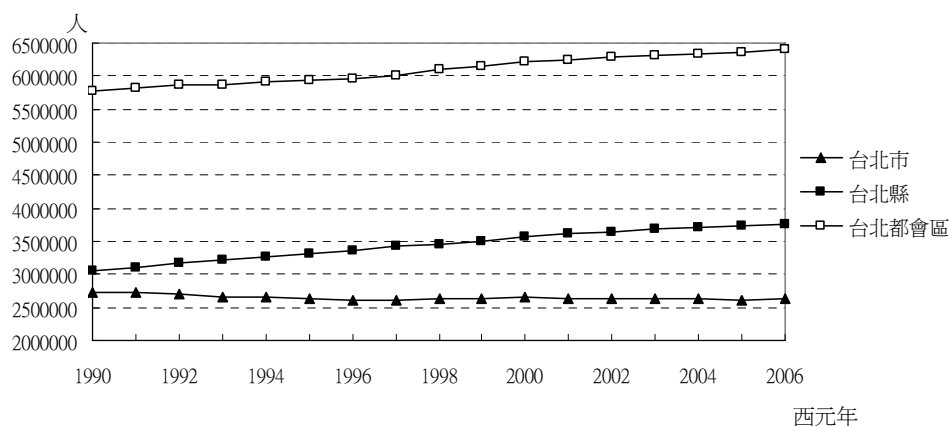


圖 3-10 1990~2006 年台北都會區總人口數變化圖

資料來源：都市及區域發展統計彙編

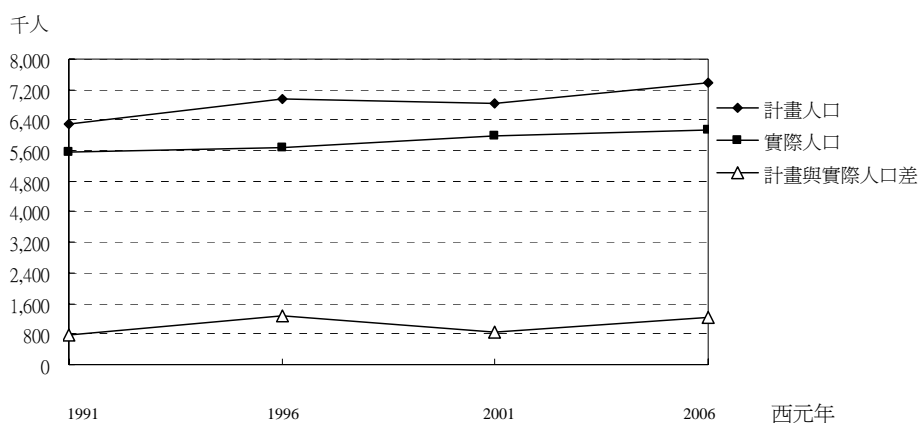


圖 3-11 1991~2006 年台北都會區都市計畫區人口與實際人口

資料來源：都市及區域發展統計彙編

三、汽車持有率

1990~2005 年台北都會區汽車持有率 (圖 3-12) 除了 1994~1995 年 (189.1~187.7 輛/千人) 及 1998~1999 年 (209.9~202.2 輛/千人) 有些微的下降，基本上是呈現上升的趨勢，自 1990 年的 138.05 輛/千人，增加到 228.6 輛/千人，增加率為 66%，此比台灣地區之增加率為低，可能是因為台北都會區之大眾運輸較為發達之故。

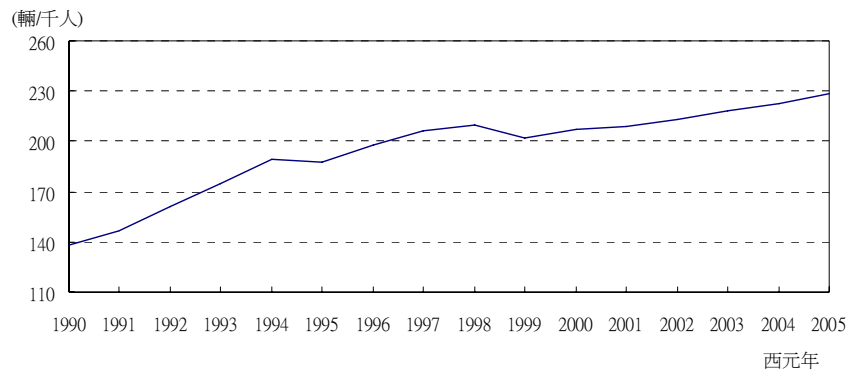


圖 3-12 1990~2005 台北都會區汽車持有率變化圖

資料來源：都市及區域發展統計彙編

四、公路長度

1990~2005 年台北都會區之公路長度 (圖 3-13) 除了在 1997~1998 年 (1315.4~1314.5 公里減少 0.9 公里)、2002~2003 年 (1333.7~1330.9 公里減少 2.8 公里) 是減少的以及 1995~1996 年 (1315.2 公里)、1998~1999 年 (1314.5 公里)、2003~2005 年 (1330.9 公里) 是同樣長度之外, 其於年度都是上升的趨勢。

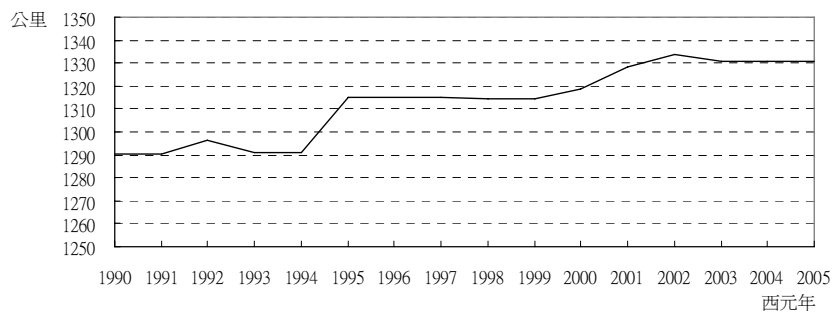
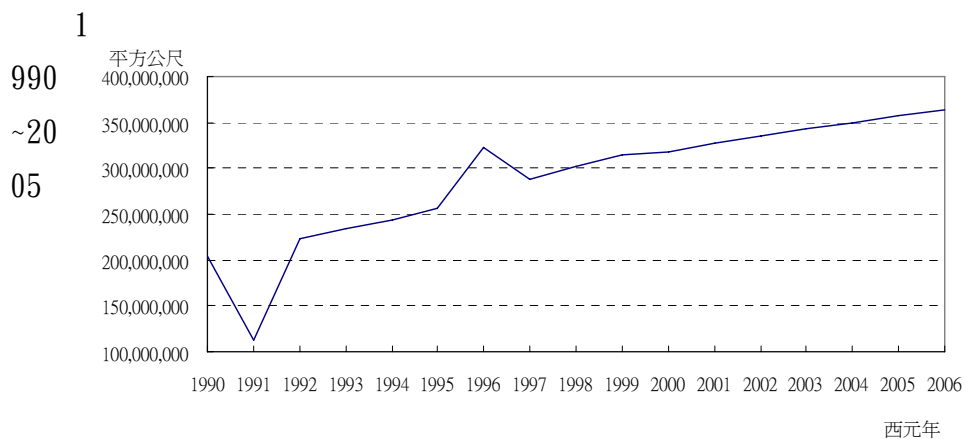


圖 3-13 1990~2005 台北都會區公路長度變化圖

資料來源：都市及區域發展統計彙編

五、總房屋面積



年台北都會區之總房屋面積（圖 3-14）除了在 1990~1991 年之間為下降的趨勢（203,638,098 平方公尺減少至 112,955,797 平方公尺），其餘歷年來都市呈現穩定的上升，自 1990~2006 年共增加了 160,102,027 平方公尺（78%）。

圖 3-14 1990~2006 台北都會區總房屋面積變化圖

資料來源：賦稅統計年報

六、耕地面積

1990~2006 年台北都會區耕地面積（下圖 3-15）是呈現持續下降的趨勢，從 1990 年的 40,571.6 公頃減少到 2006 年的 35,306 公頃，共減少 5,266.6 公頃。並對照近年來都市計畫變更，台北都會區因為都市發展或大眾運輸的需要，不論在興建道路、公共設施、增加住宅、工業區供給，時常將農地變更使用為上述用地，如此將喪失都市之自然資源與地景面貌。並且可能藉由交通的可及性與總房屋面積和公路長度的增加而加速都市蔓延情況，相對則造成農地面積的持續減少，以至於農地無法發揮或減少其降低都市氣溫的功能。

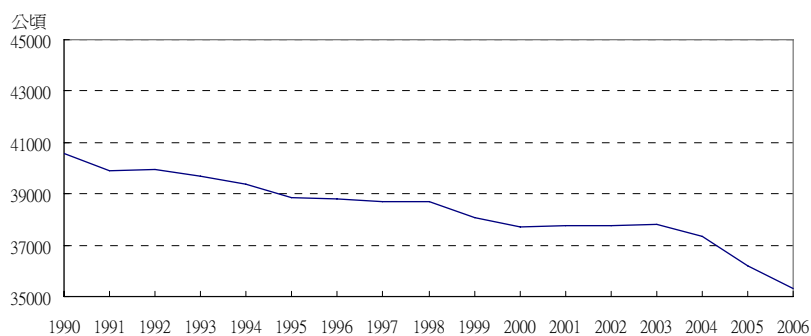


圖 3-15 1990~2006 台北都會區耕地面積變化圖

資料來源：台北縣統計要覽、台北市統計年鑑

七、售電量（電燈）¹³

1990~2005 年台北都會區售電量（下圖 3-16）與圖 3-7 一致，皆呈現上升的趨勢，自 1990 年的 8,420,726,561 度，上升至 2005 年的 18,560,726,006 度。

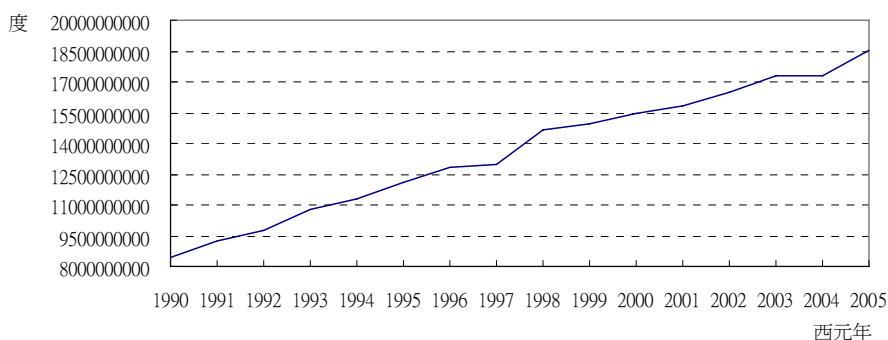


圖 3-16 1990~2005 年台北都會區售電量

資料來源：都市及區域發展統計彙編

八、年平均氣溫

以下就選取中央氣象局的台北與淡水氣象測站來觀察 1990~2006 年台北都會區之年平均氣溫趨勢（下圖 3-17），發現基本上年平均氣溫呈現上升的趨勢，且台北測站氣溫比淡水測站高，可能是因為測站之位置的關係，台北測站位於都市中心，而淡水測站則位於都市郊區。並且在 1990~2006 年台北與淡水測站所上升的氣溫均為 0.3 度，不論可能是全球氣候暖化的關係或僅為都市蔓延之關係導致的氣溫升高，將在第四章詳細的分析之。

¹³ 此售電量與圖 3-7 之總售電量圖不同，圖 3-16 之售電量僅只電燈部份。

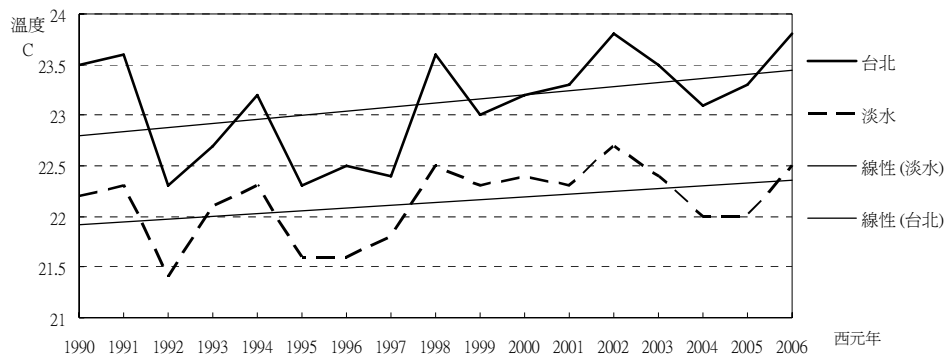


圖 3-17 1990~2006 年台北與淡水年平均氣溫變化圖

資料來源：氣候資料年報

第三節 台北都會區歷年平均氣溫變化

本節將對台北都會區（台北市、台北縣）與桃園縣 1996、2001、2006 三個年度分別利用地理資訊系統（GIS）之內插法（interpolation）進行年平均氣溫分布範圍的分析。

一、1996 年台北市、台北縣、桃園縣平均氣溫變化情形

圖 3-18 為 1996 年之年平均氣溫分布圖，由此圖發現，氣溫較高的部分主要位於台北市、台北縣之主要都市區域，年平均氣溫多為 21~24 度之間，尤其氣溫最熱的區域落在台北縣三重市，年平均氣溫高達 23.37 度；其次為年平均氣溫範圍在 22~23 度之間的區域，包括台北市的大同區、中山區、中正區、萬華區、大安區、松山區、信義區與台北縣的蘆洲市、新莊市、板橋市、樹林市、中和市、永和市之全部範圍；以及台北市的文山區、南港區、內湖區、士林區、北投區與台北縣的土城市、鶯歌鎮、新店市、深坑鄉、泰山鄉、五股鄉、林口鄉，桃園縣距離台北縣較近的蘆竹鄉、大園鄉、龜山鄉，或是區域中心的桃園市、中壢市，以及另一個較熱的地區的楊梅鎮、新屋鄉之一部分範圍。可見台北都會區的中心都市地區相較於外圍地區是較熱的地方。

另外較冷的年平均氣溫在 21~22 度之間的區域多位於台北都市外圍的地區，沿著上述之台北中心都市地區向外分布。氣溫分布多落在台北市的南港區、內湖區、士林區、北投區，以及台北縣的淡水鎮、八里鄉、林口鄉、鶯歌鎮、三峽鎮、汐止市、新店市、深坑鄉，以基隆市為都市中心的瑞芳鎮、貢寮鄉的大部分範圍，和桃園縣的八德市、大溪鎮、平鎮市、龍潭鄉、觀音鄉的全部範圍以及桃園市、蘆竹鄉、龜山鄉、中壢市、大園鄉、新屋鄉、楊梅鎮的部分範圍。

由圖 3-18 可以得知台北都會區的主要都市地區的年平均氣溫較高，而其周圍地區的氣溫是以台北都市為中心向外遞減的。

二、2001 年台北市、台北縣、桃園縣平均氣溫變化情形

圖 3-19 為 2001 年之年平均氣溫分布圖，由此圖得知，台北都會區年平均氣溫最熱的 23~24 度，原本落在三重市地區的範圍整個向外擴大。台北都會區的主要都市地區原本年平均氣溫為 22~23 度的地區均上升約 1 度。擴大的區域在台北市的大同區、中正區、大安區、萬華區的以及台北縣的蘆洲市、新莊市、板橋市、中和市、永和市的全部範圍；和台北市的文山區、信義區、松山區、中山區、士林區、內湖區、北投區，台

北縣的五股鄉、泰山鄉、樹林市、土城市、新店市的一部分地區。

年平均氣溫在 22~23 度之間的區域更明顯的擴大，從台北都會區一路延伸到南邊的桃園縣大部分地區。其範圍在台北市與台北縣外圍的南港區、士林區、北投區、內湖區、汐止市、深坑鄉、新店市、三峽鎮、林口鄉、八里鄉、淡水鎮，與與基隆市為都市中心的瑞芳鎮、貢寮鄉，往南延伸至桃園縣的幾乎所有地區（除了龍潭鄉與大溪鎮一部分之外），另外在大園市亦有 23~24 度的高溫出現。

由圖 3-18 與圖 3-19 可以發現，氣溫最熱與次熱的範圍均擴大，並且擴大的方向除了由台北都市中心整個向外延伸外，也往南邊的桃園縣部分延伸，因此這可能表示台北都會區都市蔓延的情況與氣溫的增加呈現正相關的趨勢。

三、2006 年台北市、台北縣、桃園縣平均氣溫變化情形

下圖 3-20 為 2006 年之年平均氣溫分布圖，由此圖發現，台北都會區最熱年平均氣溫落在 24~25 度，在台北市的中正區、萬華區與台北縣的三重市、板橋市的一部分地區。而 23~24 度範圍也持續在擴大，如台北市的中山區、松山區、信義區與外圍的南港區、文山區、內湖區、士林區、北投區，以及台北縣大部分地區，除了涵蓋蘆洲市、新莊市、板橋市、中和市、永和市的全部地區之外，五股鄉、泰山鄉、樹林市、土城市、鶯歌鎮、新店市、深坑鄉的範圍也有擴大，並且一路延伸到桃園縣的桃園市、龜山鄉、蘆竹鄉、八德市、大園鄉、觀音鄉等地區。可見台北都會區若持續蔓延，台北都市外圍地區的氣溫可能發生暖化或都市熱島的情形。

而在年平均氣溫 22~23 度之間的範圍也是擴大的情形，不論是往北延伸到汐止市與基隆市連結之外，南部的石碇鄉的氣溫也上升，以及新店市與三峽鎮的範圍也有些許擴大，而桃園縣擴大的地區是在大溪鎮與龍潭鄉的大部分地區。

若從圖 3-18、圖 3-19、圖 3-20 一起觀之，發現從 1996 年至 2006 年的 10 年之間，台北都會區氣溫最熱 24~25 度的範圍出現；而且 23~24 度的範圍更明顯的擴大，整個台北都會區與與外圍地區的年平均氣溫約上升 1 度，甚至是向南延伸至桃園縣，年平均氣溫也約上升 1 度。可以看出年平均氣溫之分布範圍隨著都市蔓延的方向前進，因此都市蔓延實

為都市熱島之原因之一；而平均溫度的上升也是在全球暖化溫室效應之問題所呈現出來之現象，可見這十年的時間台北都會區暖化現象之嚴重性。因此可以推測上升的溫度可能與都市蔓延有相當之關係。

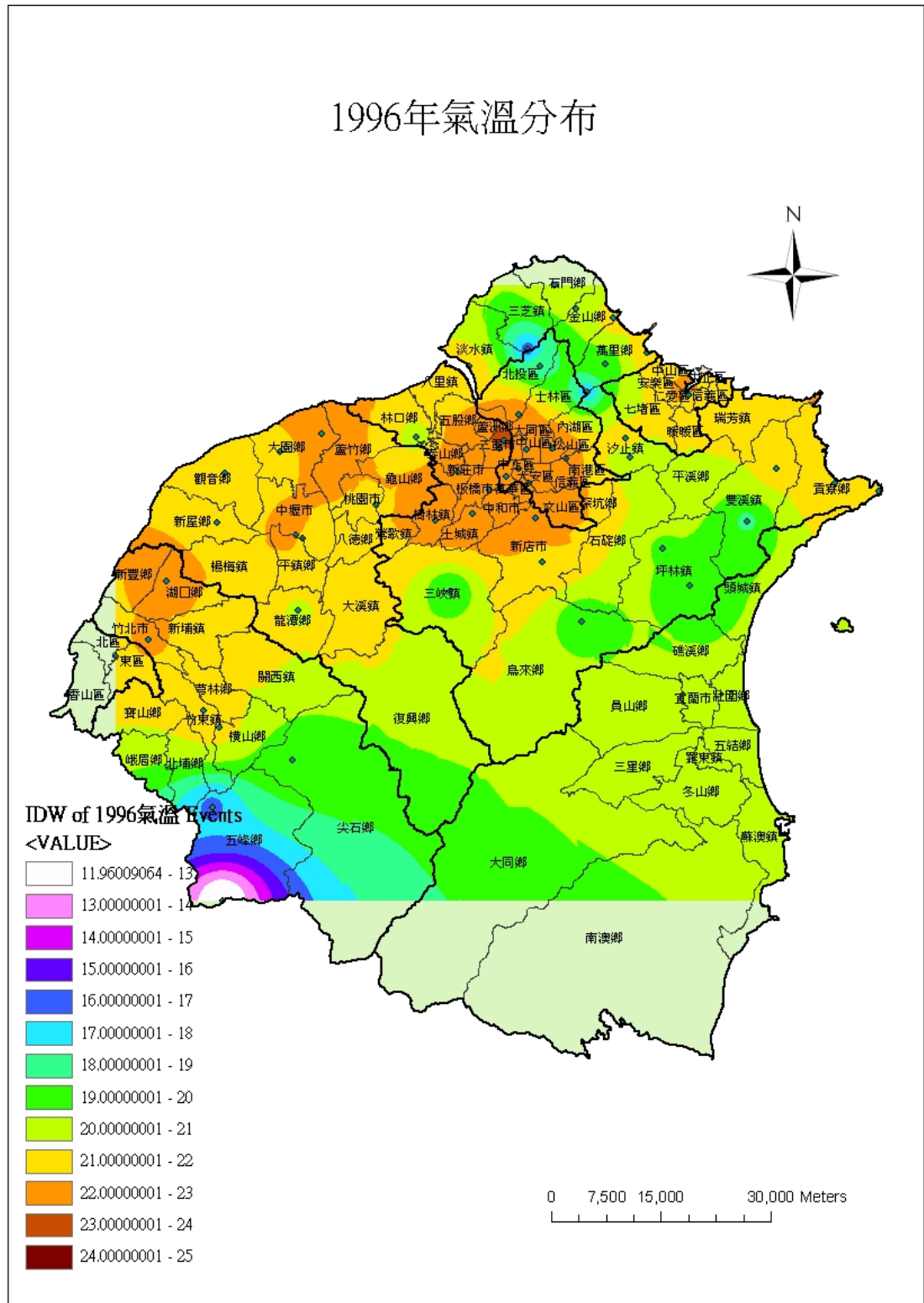


圖 3-18 1996 年北部地區年平均氣溫分布圖
 資料來源：中央氣象局、行政院環境保護署、
 本研究繪製

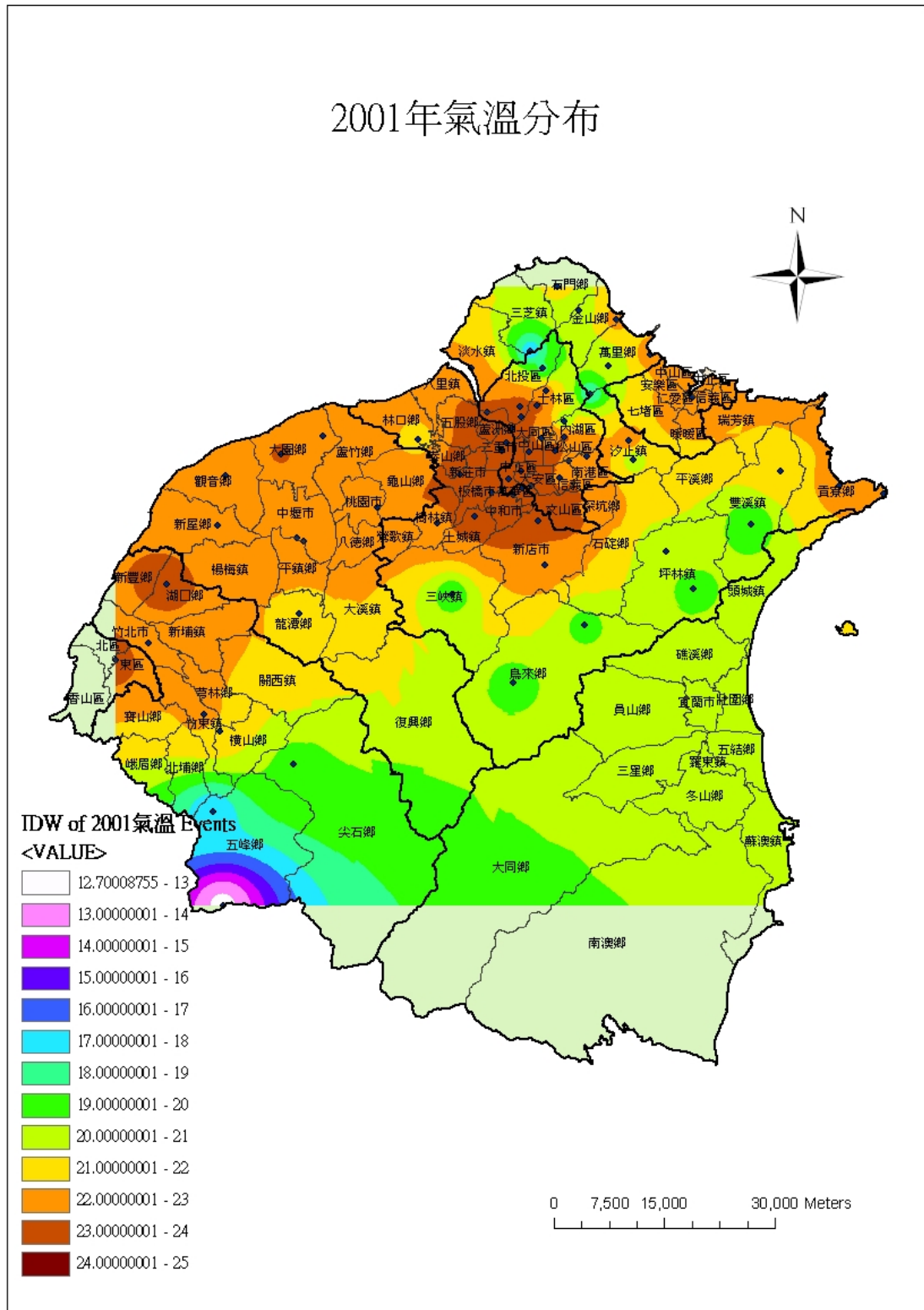


圖 3-19 2001 年北部地區年平均氣溫分布圖
 資料來源：中央氣象局、行政院環境保護署、
 本研究繪製

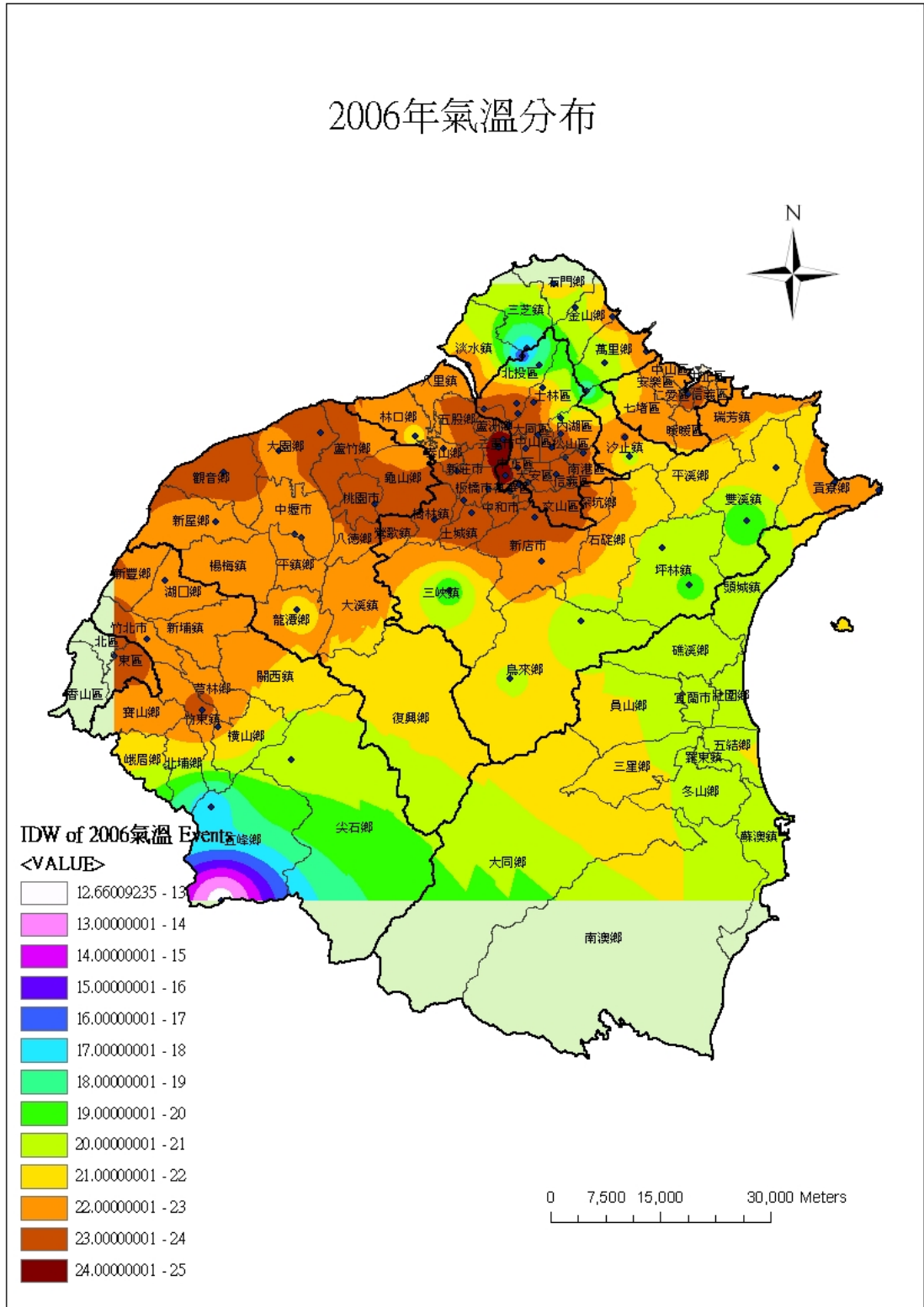


圖 3-20 2006 年北部地區年平均氣溫分布圖
 資料來源：中央氣象局、行政院環境保護署、
 本研究繪製

第三節 小結

由以上的各項都市蔓延指標可以發現，1990~2005 或 2006 年台灣地區總體資料的趨勢與台北都會區的趨勢大致相同，各項都市蔓延指標如都市計畫面積、人口數、汽車持有率、公路長度、總房屋面積、售電量整體來說皆是逐年增加，與年平均氣溫增加的情況相同；而在耕地面積部分則是逐年減少。

在人口數方面，都市計畫人口與實際人口的差距，且此差距逐年擴大，加上都市計畫面積也是逐年增加，如此可能產生都市蔓延之情形，此與近年來提倡的緊密城市規劃理念不相符。若從生態環境之觀點切入，都市計畫面積的增加，代表供都市使用的土地增加，相對森林綠地則減少，減少了可以降低氣溫的綠地，將更易造成都市熱島與都市暖化的發生。

有研究發現，氣溫和二氧化碳是與都市中心的人口和其高度的交通量相關的 (George et al., 2007)。以及在香港學者的研究提出 1°C 的溫度上升，電的消費分別會增加 9.2%，3.0% 和 2.4% 在國內、商業和工業部門 (Fung et al., 2006)。Yang (1994) 則認為台北市之暖化現象比其他地方更為嚴重。因此台北都會區在經歷都市蔓延的情況下，不斷的增加建築用地以及各項設施所需要的土地，以至於破壞了原有都市外圍的森林或耕地等綠地，使之變更成為建築用地或設施用地，如此減少綠地其後果便造成區域之氣溫上升、都市熱島效應等各種氣候暖化的後果。

第四章 台北都會區年平均氣溫與都市蔓延指標之實證分析

本章第一節先利用地理資訊系統中的空間自相關分析 (Spatial Autocorrelation 為 Global Moran' s I) 以及 Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Moran' s I 為 Local Moran' s I) 和熱點分析 (Hot Spot Analysis) 來說明 1996、2001、2006 年台北都會區的人口數增減及聚集的情形與年平均氣溫之比較。第二節則利用統計軟體 limdep 7.0 的 panel data 之固定效果 (Fixed Effect) 模式探討 1996、2001、2006 年平均氣溫與人口數、耕地面積、都市計畫工業區面積、工廠家數、都市計畫公共設施用地面積等變數之關係。藉以得知是否這些都市化指標對氣溫的變化是有影響的。

第一節 台北都會區年平均氣溫與人口聚集情形分析

一、空間自相關分析

在空間自相關分析方面，分別就台北都會區各村里 1996、2001、2006 年人口數以及 1996~2001 與 2001~2006 年所增減的人口數來分析。分析結果發現，三個年度的總人口數的 Moran' s I 值分別為 0.06、0.05、0.05 而 Z score 分別為 38.6、30.14、29.6，皆大於 2.58 (99%信賴水準)，表示各村里人口數都呈現空間自相關的情形，而且人口數在空間上有顯著的某種型態之聚集 (clustered) 情形。

1996~2001 年與 2001~2006 年各村里人口數增減的 Moran' s I 值為 0.02、0.04，Z score 為 15.45、28.64，皆大於 2.58 (99%信賴水準)，表示各村里人口增減呈現空間自相關情形，並且人口數增減在空間上有顯著的某種型態之聚集情形。

二、Local Moran' s I

由以上空間自相關分析得知台北都會區各村里人口數與人口數的增減在空間上有顯著的某種型態之聚集，因此進一步從空間分布上分析各村里人口聚集情形。

1996、2001、2006 年台北都會區各村里人口分布情形從下圖 4-1、4-2、4-3 可以看出，在台北縣及台北市之都市較外圍地區的人口有呈現聚集之情形，其中以台北市的內湖區、北投區，以及台北縣的、中和市、土城市、樹林市、新店市、汐止市、淡水鎮有聚集的情形，而在 2001 和 2006 年則另有林口鄉及五股鄉之人口聚集情形。

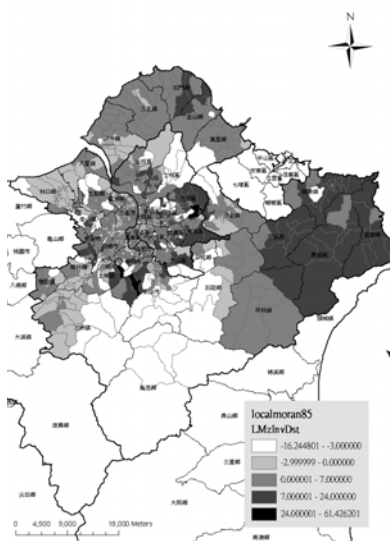


圖 4-1 1996 年各村里人口
分布之 Local Moran' s I
資料來源：本研究整理

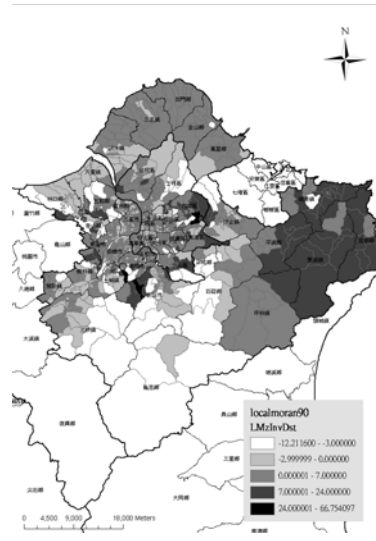


圖 4-2 2001 年各村里人口
分布之 Local Moran' s I
資料來源：本研究整理

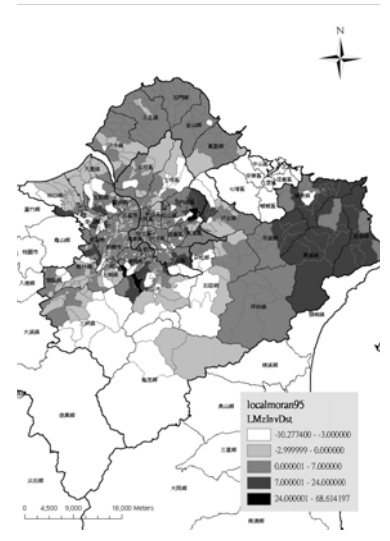


圖 4-3 2006 年各村里人口
分布之 Local Moran' s I
資料來源：本研究整理

下圖 4-4、4-5 說明了各村里人口增減的表現情形，發現同樣的在都市郊區有聚集的情形發生，如台北縣的泰山鄉、林口鄉、新店市、汐止市、新莊市、土城市。可以注意的是，台北市區也有聚集的情形，中山區、士林區、北投區。

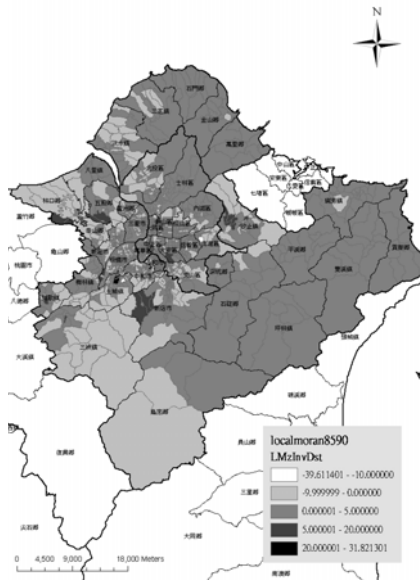


圖 4-4 1996~2001 年各村里人口

分布之 Local Moran' s I

資料來源：本研究整理

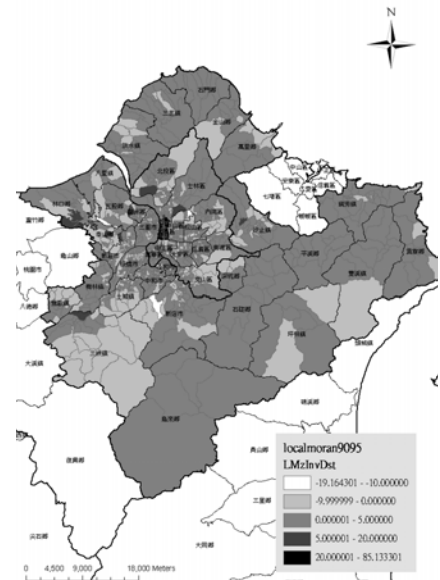


圖 4-5 2001~2006 年各村里人口

分布之 Local Moran' s I

資料來源：本研究整理

三、熱點分析

下圖 4-6、4-7、4-8 為 1996、2001、2006 年各村里人口聚集的分布。從這三個年度發現，人口數多的人口聚集熱區 (hot spot) 多落在台北市的內湖區、文山區以及台北縣的新店市、土城市的一些村里為主，而到了 2001 和 2006 年新莊市的人口也有較多的聚集；其次多的人口聚集在台北市的士林區、北投區，這可能與捷運的通過有關，以及內湖區、松山區、信義區、大安區、萬華區的一部分村里；台北縣的中和市、新莊市與新店市為人口聚集較多的地區，2001 和 2006 則台北都會區較外圍的五股鄉、蘆洲鄉、泰山鄉、林口鄉的人口也有聚集增加的情況發生。

然而人口聚集的冷區在 1996 年多位於瑞芳鎮、平溪鄉、石碇鄉等較偏遠的地區，也有在永和市發現，到了 2001 年的冷區則增加了三重市，2006 年冷區的分布更增加到台北市的大同區，可能顯示大同區或三重市、永和市等較老舊的地區人口有減少的情形發生。

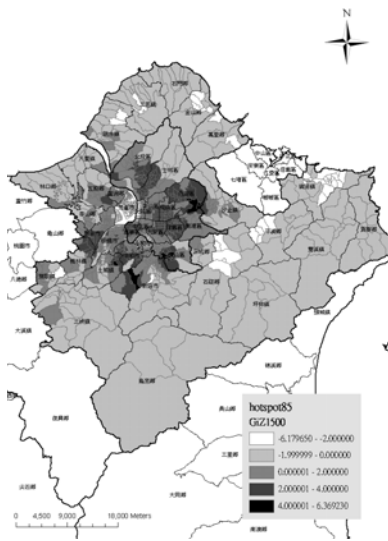


圖 4-6 1996 年各村里人口

聚集之熱點分析

資料來源：本研究整理

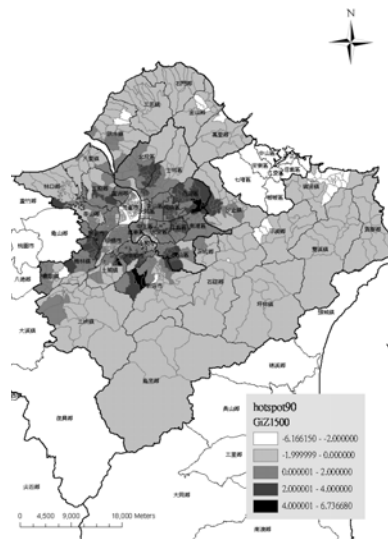


圖 4-7 2001 年各村里人口

聚集之熱點分析

資料來源：本研究整理

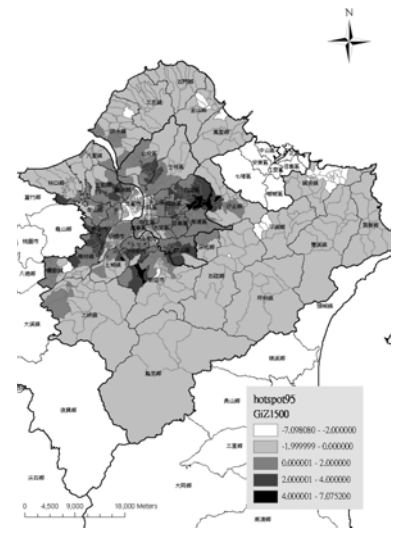


圖 4-8 2006 年各村里人口

聚集之熱點分析

資料來源：本研究整理

接著分別從 1996~2001 年、2001~2006 年台北縣市各村里人口增減之熱點分析發現，下圖 4-9 可以看出 1996~2001 年人口增加的聚集熱區位於台北都會區之外圍地區，如台北縣之林口鄉、五股鄉、新店市、土城市以及汐止市之一些村里；而在人口減少的冷區則多位於台北市中正、萬華、中山區，然而也有中高度的聚集在淡水鎮、蘆洲市、汐止市、三峽鎮、鶯歌鎮、內湖區、文山區一帶。

圖 4-10 則看出 2001~2006 年人口增加的熱區位於林口鄉、泰山鄉、五股鄉、蘆洲市，內湖區為主；而人口減少的冷區則同樣位於大同區、萬華區，以及三重市一小部分；另外中高度的人口聚集同樣位於汐止市、樹林市、新莊市以及淡水鎮，內湖區、文山區等部分。

由此可發現人口的增加多位於台北都會區的郊區或外圍地區，且由圖中亦發現，一些台北都會區更外圍的地區，如三芝鄉、金山鄉、林口鄉、八里鄉等地的人口也有增加聚集情形，此可以認為台北都會區之都市蔓延有向都市外圍地區延伸的情況發生。

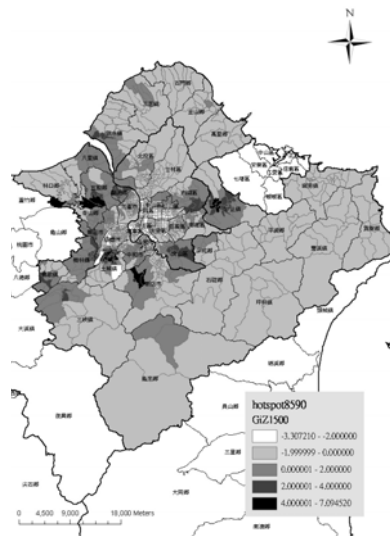


圖 4-9 1996~2001 年各村里人口

增減之熱點分析

資料來源：本研究整理

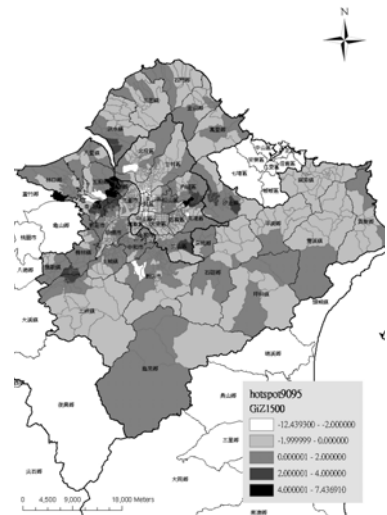


圖 4-10 2001~2006 年各村里人口

增減之熱點分析

資料來源：本研究整理

四、人口聚集情形與年平均氣溫之比較分析

從以上三種分析可以看出台北都會區的人口聚集在空間上的分布狀況，近年來的人口聚集多位於台北縣地區，並且有呈現放射狀的發展，與溫度變化情形相一致。由熱點分析發現人口增加的地區如內湖區、土城市、新店市、汐止市、五股鄉、新莊市、三峽鎮、林口鄉等地區，年平均氣溫在 1996~2006 年約上升 1°C ，汐止市、五股鄉、蘆洲市一部分地區甚至有平均氣溫上升 2°C 。可見得氣溫暖化的地區是隨著都市蔓延的方向前進，因此可以推論都市蔓延實為都市氣溫暖化的原因之一；而平均氣溫的上升也可能是全球暖化溫室效應等問題所呈現出來之現象，可見這 10 年的時間台北都會區氣候暖化現象的嚴重性。

第二節 實證資料來源說明與敘述統計分析

一、變數資料來源與說明

本研究所選取之變數名稱與來源說明如下表 4-1。

表 4-1 變數名稱與變數來源

變數類型	變數名稱	變數來源
應變數	年平均氣溫	年平均氣溫資料之取得如同第三章之年平均氣溫資料，利用 GIS 之內插法所繪製出的 1996、2001、2006 年台北都會區年平均氣溫分布圖，並且利用其計算功能，可查詢各鄉鎮市之年平均溫度，並予以記錄。
自變數	人口數	取自台北縣統計要與台北市統計年鑑之台北縣、市各鄉鎮市區 1996、2001、2006 年底之總人口數。
	耕地面積	取自台北縣統計要與台北市統計年鑑之台北縣、市各鄉鎮市區 1996、2001、2006 年之耕地面積。
	都市計畫工業區面積	取自都市及區域發展統計彙編中之都市地區工業區計畫面積，以各鄉鎮市區分別統計之。
	登記工廠家數	取自台北縣統計要與台北市統計年鑑之台北縣、市各鄉鎮市區 1996、2001、2006 年之無分產業別之工廠家數。
	都市計畫公共設施用地面積	取自都市及區域發展統計彙編中之都市地區公共設施計畫面積，以各鄉鎮市區分別統計之。
	都市計畫面積	取自都市及區域發展統計彙編之都市計畫面積，以各鄉鎮市區分別統計之。

資料來源：本研究整理

下表 4-2 為各變數之單位與資料時間說明。

表 4-2 變數單位與資料時間

變數名稱	單位	資料時間
年平均氣溫	攝氏度 (°C)	1996、2001、2006 年
人口數	人	1996、2001、2006 年
耕地面積	平方公尺 (m ²)	1996、2001、2006 年
都市計畫工業區面積	平方公尺 (m ²)	1996、2001、2006 年，但由於資料取得之限制，台北市的部份沿用 2005 年的資料。
登記工廠家數	間	1996、2001、2006 年
都市計畫公共設施用地面積	平方公尺 (m ²)	1996、2001、2006 年，但由於資料取得之限制，台北市的部份沿用 2005 年的資料。
都市計畫面積	平方公尺 (m ²)	1996、2001、2006 年

資料來源：本研究整理

二、資料敘述統計分析

在模型建立前先對實證變數進行敘述統計分析，敘述統計如下表 4-3。依序列出平均值、標準差、最小值、最大值、個數，在平均值方面，年平均氣溫在 22.5°C、最大與最小值相差不大；人口數的平均值為 151253 人，最小值為 3,502 人，最大值為 544,292 人；然而在耕地面積、都市計畫工業區面積、登記工廠家數方面的最小值皆為 0，最大值分別為 47,956,900 平方公尺、4,930,500 平方公尺、4,866 家。

敘述統計表中除了年平均氣溫與登記工廠家數之外，耕地面積、都市計畫工業區與都市計畫公共設施用地面積變數的最大值與最小值都相距很大，因此在實行迴歸模型時可能需要將其變數取對數 (log)，再進行分析較為適當。

表 4-3 實證變數敘述統計表

變數	平均值	標準差	最小值	最大值	個數
年平均氣溫	22.540	1.025	19.51	24.58	123
人口數	151253	131645.49 2	3502	544292	123
耕地面積	9023873.2 4	10517196. 9	0	47956900	123
都市計畫工業 區面積	778026.22 0	1175645.9 7	0	4930500	123
登記工廠家數	651.14	1083.71	0	4866	123
都市計畫公共 設施用地面積	3612608.1 3	3846298.0 0	34800	27171200	123
都市計畫面積	15002766. 7	18224099. 7	176000	113719100	123

資料來源：本研究整理

第三節 模型建立與預期結果

一、變數選取說明

依據第二章文獻回顧與第三章總體資料說明可以得知，一地區的氣溫變化受到人口數的影響相當大，況且都市的蔓延發展將使得都市外圍土地不斷的開發、土地使用的轉變，此即為都市外圍地區之都市化現象，使綠地逐漸減少，喪失緩和氣溫效果，如此便會造成都市熱島效應的產生與加劇。本文選取之台北都會區實證變數礙於資料取得的關係，多以各鄉鎮市區都市化指標變數為主，雖然主要都市中心部分已經都市化，然而位於郊區的鄉村地區若有都市化的情形發生，則表示都市呈蔓延發展型態。所以選取變數如下：

(一) 年平均氣溫

由於本研究主要在探討都市蔓延所造成之環境變化，而最常被探討的為都市熱島效應所造成的都市氣溫上升，因此本研究採用 1996、2001、2006 年三個年度的台北都會區各鄉鎮市區年平均氣溫資料，以作為 panel data 實證分析之應變數。

(二) 人口數

在探討影響氣溫變化的因素方面，多注意的是人口數與交通量 (Oke, 1979; 鄭祚芳, 2007)，因為人口數的增加相對造成交通量的增加，且由於自從汽車的大量使用以來，人口的分布更加廣泛，造成都市的蔓延型態發展，汽車使用所排放出的二氧化碳也是氣溫上升的主要原因，因此選取人口數的變化是有其必要性。本研究選取鄉鎮市區的總人

口數作為應變數，並預期其與應變數存在著正向的關係。

(三) 耕地面積

許多文獻皆提到綠地可以降低都市氣溫之功能（林憲德等人，2001），且綠地與都市氣溫是呈現負相關，而也有學者建議保留適當之農田比例將有效緩和都市熱島的惡化（孫振義、林憲德，2006）。因此由於台北都會區各鄉鎮市區之綠地面積資料難以取得，且各縣市統計資料之綠地面積通常僅指已開闢之綠地面積，仍有許多山林與森林等地區也是綠地的範圍。因此本研究以耕地面積代替綠地面積做為自變數。並預期其與應變數是呈現反向之關係。

(四) 都市計畫工業區面積

鄭婉純（2004）指出低度開發之綠地與工業用地對都市氣溫之影響皆為負相關性。此可能由於低度開發的工業用地有可能閒置廢棄沒有使用，或是工業區的劃設通常建蔽率較低，且配置大片的綠帶，因此對都市氣溫為負相關性；但是工業區內之工廠所製造之溫室氣體實為區域氣溫上升的因素之一，並且在都市蔓延情形下，工業區的劃設有越往都市郊區方向移動。如此尚不能具體預期其與應變數之關係為何。

(五) 登記工廠家數

如同上述，都市計畫工業區面積對年平均氣溫的影響可能是不確定的，然而在工廠家數上，明確的得到登記的工廠家數，且由於工廠生產所排放之氣體可能影響當地微氣候的變化，因此預期其與應變數之關係為正向。

(六) 都市計畫公共設施用地面積

一般認為的公共設施多是以公園、綠地為主，並且其對降低氣溫有良好之功效，而在鄭婉純（2004）研究台中市的都市氣溫，發現公共設施用地與氣溫是呈現正相關。本資料為都市計畫之公共設施用地面積，根據都市計畫法第 42 條¹⁴所述公共設施包括多種用地，不僅只是公園、

¹⁴都市計畫法第 42 條所列之公共設施包括：道路、公園、綠地、廣場、兒童遊樂場、民用航空站、停車場、河道及港埠用地、學校、社教機關、體育場所、市場、醫療衛生機構及機關用地、下水道、郵政、電信、變電所及其他公用事業用地，以及規定之其他公共設

綠地、廣場…等，尚包括許多公家機關單位用地，如此將可能與氣溫變化無相關。且本研究所取得之都市計畫公共設施用地面積非實際上各鄉鎮市區之公共設施面積，開發與否無從得知。因此本節實證迴歸式將不列入都市計畫公共設施用地面積。

(七) 都市計畫面積

都市計畫面積的增加可以認為是都市在持續發展，台北都會區之台北市部分已全部為都市計畫地區，而台北縣之都市計畫面積雖然僅佔所有土地面積之 59% 左右，但近年有增加之趨勢，因此可以認為都市計畫面積之擴大對其氣溫會造成影響，預測其與應變數之間呈現正向之關係。但是此都市計畫面積非實際土地開發面積，並且都市計畫面積的擴大是因為都市有其發展之需要，而此需要也是由於人口的增加導致，若納入實證迴歸式進行分析容易有共線性的問題，在人口數資料是各鄉鎮市區實際人口數，可明顯反映出都市擴張的情形，因此本實證不列入都市計畫面積，而使用人口數替代都市計畫面積進行分析。

二、模型建立

本研究考慮上述之各項變數之間之關係後，以及測試長期追蹤資料模型(panel data)之變數組合為線性(linear)、半對數線性(semi-log)，以及全對數(log-log)，結果為半對數線性模式較為合適。

由於台北都會區各鄉鎮年平均氣溫可能存在個別特質，影響各地之年平均氣溫。為了衡量這些個別特質效果(individual-specific effect)，本研究的實證模型加入了台北都會區各鄉鎮市區特質效果 β_{0i} ，即代表在控制其他變數之後，各鄉鎮市區因其本身所具有之特性而對年平均氣溫的固定影響，因此為固定效果模型(Fixed Effect Model)，實證模型如下式(1)所表示：

$$TEMP_{it} = \beta_{0i} + \beta_1(LPOP_{it}) + \beta_2(LARG_{it}) + \beta_3(LFA_{it}) + \beta_4(FIRM_{it}) + e_{it} \quad (1)$$

式子中

i：台北都會區之 41 個鄉鎮市區，i= 1~41

t ：年期，1996、2001、2006 年共 3 年

$TEMP_{it}$ ：i 鄉鎮市區中 t 年期之平均氣溫

$LPOP_{it}$ ：i 鄉鎮市區中 t 年期之 \log 人口數

$LARG_{it}$ ：i 鄉鎮市區中 t 年期之 \log 耕地面積

LFA_{it} ：i 鄉鎮市區中 t 年期之 \log 都市計畫工業區面積

$FIRM_{it}$ ：i 鄉鎮市區中 t 年期之登記工廠家數

e_{it} ：為整體誤差

另外又為了探討時間趨勢對氣溫變化是否明顯，則同樣運用固定效果模型計算三個年度（1996、2001、2006 年）的特質效果 β_{0t} ，即代表在控制其他變數後，各年度因其時間本身的特性對年平均氣溫的固定影響，換句話說，看是否在其他條件不變之下，是否年平均氣溫會隨時間的經過而增加。因此實證模型為以下式（2）表示：

$$TEMP_{it} = \beta_{0t} + \beta_1(LPOP_{it}) + \beta_2(LARG_{it}) + \beta_3(LFA_{it}) + \beta_4(FIRM_{it}) + e_{it} \quad (2)$$

式子中

i ：台北都會區之 41 個鄉鎮市區， $i= 1\sim 41$

t ：1996、2001、2006 三個年度，分別由 $t= 1\sim 3$ 表示

$TEMP_{it}$ ： t 年期 i 鄉鎮市區之平均氣溫

$LPOP_{it}$ ： t 年期 i 鄉鎮市區之 \log 人口數

$LARG_{it}$ ： t 年期 i 鄉鎮市區之 \log 耕地面積

LFA_{it} ： t 年期 i 鄉鎮市區之 \log 都市計畫工業區面積

$FIRM_{it}$ ： t 年期 i 鄉鎮市區之登記工廠家數

e_{it} ：為整體誤差

如上所述，本實證模型之預期結果如表 4-4 所示

表 4-4 模型變數代號與預期符號

變數名稱	模型代號	預期符號
年平均氣溫	TEMP	應變數
log 人口數	LPOP	+
log 耕地面積	LARG	-
log 都市計畫工業區面	LFA	+ 或 -
登記工廠家數	FIRM	+

資料來源：本研究整理

第四節 模型實證結果分析

本節實證模型以 1996~2006 年 panel data 模型進行實證分析，分成二式探討台北都會區氣溫變化與都市化指標間之關係。

一、固定效果模型實證結果 1

在 panel data 模型中，分為固定效果與隨機效果模型，需要透過 F Test 和 LM Test (Lagrange Multiplier Test) 分別檢定固定效果模型與最小平方法模型何者較佳，以及固定效果模型和隨機效果模型與最小平方法模型何者較佳。在固定效果模型與隨機效果模型的比較當中，Hausman Test 則檢定固定效果模型與隨機效果模型何者較佳。然而在本實證模型由於必須計算出個別特質效果，隨機效果模型之計算無法得知估計的固定效果 (Estimated Fixed Effects)，因此採用固定效果模型進行實證分析。

表 4-5 為式 (1) 實證結果分析 (以下稱為實證結果 1)，使用 Limdep 7.0 的 panel data 模型會自動建立固定效果模型，並且自動計算 F Test，其中 F Test 之 F 值為 5.649，P 值達到 $\alpha = 0.01$ 之顯著水準，表示固定效果模型較最小平方法模型佳。

表 4-5 實證結果 1

變數名稱	模型	固定效果模型 (Fixed Effect Model)		
		係數	t-ratio	P 值

常數項 (constant)	—	—	—
log 人口數 (LPOP)	3.3478	6.400	0.0000***
log 耕地面積 (LARG)	-0.1130	-3.882	0.0002***
log 都市計畫工業區面積 (LFA)	-0.1159	-2.083	0.0394**
登記工廠家數 (FIRM)	-0.002	-1.884	0.0619*
R-square / Adj R-square	0.9104 / 0.8599		
F Test	5.649 (prob value= 0.0000)		

註：*、**、***分別代表雙尾檢定在 90%、95%及 99%信賴水準下顯著。

資料來源：本研究整理

在各鄉鎮市區估計的固定效果（個別特質效果）如表 4-6 所示：

表 4-6 台北都會區各鄉鎮市區固定效果統計量

鄉鎮市區	係數	標準差	鄉鎮市區	係數	標準差
松山	-15.85243**	6.38858	樹林	-12.28199*	6.43943
信義	-16.05113**	6.45417	鶯歌	-11.77615**	5.93346
大安 (1)	-18.77094***	6.62553	三峽	-12.67615**	5.92363
中山	-15.28428**	6.41011	淡水	-13.59348**	6.10802
中正 (2)	-16.96236***	6.28098	汐止	-13.66756**	6.33397
大同	-14.71341**	6.15464	瑞芳	-11.36233**	5.61946
萬華	-16.12162**	6.38682	五股	-10.71890*	5.87971
文山 (5)	-16.70393**	6.50168	泰山	-11.45155**	5.80671
南港	-13.09888**	6.10137	林口	-11.87626**	5.68732
內湖	-15.39752**	6.51040	深坑	-7.78640	5.18043
士林	-15.87891**	6.57565	石碇	-5.58763	4.67701
北投	-15.20283**	6.48295	坪林	-7.05315	4.58427
板橋 (4)	-17.61279**	6.92017	三芝	-10.14214*	5.22897
三重	-14.60321**	6.91156	石門	-7.98276	4.87701
中和	-15.65857**	6.88693	八里	-9.17120*	5.36256
永和 (3)	-16.67680***	6.46866	平溪	-5.12535	4.55829
新莊	-14.53968**	6.99718	雙溪	-7.34028	4.84992

新店	-15.00219**	6.60326	貢寮	-6.93943	4.98193
土城	-14.14235**	6.50646	金山	-8.26267	5.20470
蘆洲	-14.17134**	6.29349	萬里	-7.90584	5.14941
烏來	-6.45064	4.39902			

註：1. ***、**、*分別表示在 $\alpha=1\%$ 、 5% 、 10% 的顯著水準下，以 t 分配檢定拒絕虛無假設。

2. 表中係數後括號之數字係扣除固定效果未顯著的鄉鎮市區後，該時期固定效果之排名。

(一) 實證結果 1 之固定效果模型結果：

1. 人口數與年平均氣溫在 $\alpha=0.01$ 之顯著水準下呈現顯著之正向關係 (P 值為 $0.0000 < 0.01$)，表示人口數的增加會使年平均氣溫便會上升。
2. 耕地面積則與年平均氣溫在 $\alpha=0.01$ 之顯著水準下呈現顯著之負向關係 (P 值為 $0.0002 < 0.01$)，表示耕地面積對氣溫上升有緩和的效果。
3. 都市計畫工業區面積與年平均氣溫在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下呈現顯著之負向關係 (P 值為 $0.0394 < 0.05$)，表示都市計畫工業區面積的增加劃設對緩和氣溫上升也有助益。
4. 登記工廠家數與年平均氣溫在 $\alpha=0.1$ 之顯著水準下呈現負向關係 (P 值為 $0.0619 < 0.1$)，表示登記工廠家數的增加可以緩和氣溫。

(二) 各鄉鎮市區之固定效果統計量

從表 4-6 可以發現，其他條件在控制之下 (即不受自變數之影響下)，台北都會區各鄉鎮市區之固定效果係數為負的，表示台北都會區之氣溫在沒有受其他因素的影響下會是較低的。換句話說，台北都會區原本不應該有氣溫上升的情形，而會有氣溫上升的情形是上述都市化變數所造成的。

再從個別地區來看，幾乎大部分地區基於本身的條件在台北都會區不應該有氣溫上升的情形發生 (係數為負)，然而在郊區地方不明顯，由於本身之條件而對於降低氣溫最顯著的前五名地區為大安區、中正區、永和市 ($\alpha=0.01$ 之顯著水準)、板橋市、文山區 ($\alpha=0.05$ 之顯

著水準)。本研究推測較為顯著的原因為：

1. 大安區內有大安森林公園（佔地 259,253 平方公尺），公園內樹木與草坪為數眾多，因此大安區本身的條件可能對降低其地區氣溫有幫助。
2. 中正區內有二二八和平公園（佔地 77,559 平方公尺）和中正紀念堂（亦稱民主紀念館，佔地 15,000 平方公尺）、植物園（佔地約 86,000 平方公尺），這三個公園也都有相當大面積綠樹的種植，因此中正區本身的條件也可能對降低此區氣溫有幫助。
3. 永和市周圍地區（包括東部、北部、西部）皆有新店溪經過，且在永和市的新店溪沿岸皆為廣大的河濱公園（如永和綠寶石公園、中正河濱公園、福和河濱公園），如此可以認為永和市可能是因為有廣大公園或是河流的經過，對當地的氣溫有降溫的效果。
4. 板橋市之西邊為大漢溪經過，東邊為新店溪經過，板橋北邊正好為大漢溪與新店溪交會之淡水河部分，在沿河岸部分也是廣大的河濱公園（如江子翠河口景觀河濱公園、浮洲河濱公園、大漢溪河濱公園），因此板橋市也可能是因為有公園和河流的經過，對當地氣溫有降溫的效果。
5. 文山區位於台北市的南方，三面環山，且有景美河流域經過，因為樹林與公園分布較其他地區多，是台北市適宜人居的地方，因此可能因為文山區本身條件而對當地氣溫是降溫的效果。

二、時間趨勢變數之實證結果分析

表 4-7 為式 (2) 之實證結果分析（以下稱為實證結果 2），F Test 之 F 值為 31.864，P 值達到 $\alpha = 0.01$ 之顯著水準，表示固定效果模型較最小平方法模型佳。

表 4-7 實證結果 2

變數名稱	固定效果模型 (Fixed Effect Model)			
	模型	係數	t-ratio	P 值
常數項 (constant)	—	—	—	—
log 人口數 (LPOP)	0.5014	11.215	0.0000***	

log 耕地面積 (LARG)	-0.2144	-3.608	0.0005***
log 都市計畫工業區面積 (LFA)	0.5382	1.757	0.0815*
登記工廠家數 (FIRM)	0.0000	-0.017	0.9867
R-square / Adj R-square	0.7747 / 0.763		
F Test	31.864 (prob value=0.0000)		

註：*、**、***分別代表雙尾檢定在 90%、95%及 99%信賴水準下顯著。

資料來源：本研究整理

各年度估計之固定效果如表 4-8 所示：

表 4-8 各年固定效果統計量

年度	係數	標準差
1996	16.85203***	0.57967
2001	17.47715***	0.57517
2006	17.70610***	0.57906

註：***、**、*分別表示在 $\alpha=1\%$ 、 5% 、 10% 的顯著水準下，以 t 分配檢定拒絕虛無假設。

(一) 實證結果 2 之固定效果模型結果：

1. 人口數與年平均氣溫在 $\alpha=0.01$ 之顯著水準下呈現顯著之正向關係 (P 值為 $0.0000 < 0.01$)，表示人口數增加確實使氣溫上升。
2. 耕地面積則與年平均氣溫在 $\alpha=0.01$ 之顯著水準下呈現顯著之負向關係 (P 值為 $0.0005 < 0.01$)，表示耕地面積的增加有緩和都市暖化之效果。
3. 都市計畫工業區面積與年平均氣溫在 $\alpha=0.1$ 之顯著水準下呈現顯著之正向關係 (P 值為 $0.0815 < 0.1$)，表示都市計畫工業區面積的增加會使氣溫上升。
4. 登記工廠家數與年平均氣溫在 $\alpha=0.1$ 之顯著水準下呈現不顯著情形 (P 值為 0.9867)，此表示登記工廠家數與年平均氣溫無關。

(二) 1996、2001、2006 三年之固定效果統計量

從表 4-8 得到，在其他變數控制之下 (即不受自變數之影響)，台北

都會區 1996、2001、2006 三年之固定效果係數為正的，表示氣溫隨著時間會持續的上升，並且此效果在 $\alpha = 0.01$ 之顯著水準下是相當顯著的。再由此三年之係數觀之，係數逐漸變大，因此時間趨勢影響年平均氣溫歷年有越來越嚴重的情形。若把時間趨勢當作是較大範圍的影響氣溫之因素，尤其現今世界各國所面臨的全球暖化與溫室效應的問題，即使台北都會區沒有其他因素造成氣溫的上升，仍可能受到其他國家的影響（如排放溫室氣體）而使氣溫仍然是上升。再加上造成氣溫上升的溫室氣體在大氣中可存在長達數十年之久，也可認為是氣溫上升的原因之一。

三、假說驗證

以下表 4-9 為預期符號與實證結果符號之比較，之後分別依據各項變數之實證結果做說明。

表 4-9 預期符號與實證結果比較

變數名稱	模型代號	預期符號	實證結果 1 符號	實證結果 2 符號
年平均氣溫	TEMP	應變數		
log 人口數	LPOP	+	+	+
log 耕地面積	LARG	-	-	-
log 都市計畫工業區面積	LFA	+ 或 -	-	+
登記工廠家數	FIRM	+	-	-(不顯著)

資料來源：本研究整理

(一) 各鄉鎮市區人口數

不論在有無加入時間趨勢之實證結果，均發現人口數對年平均氣溫有非常顯著的影響，人口數與年平均氣溫呈現正向關係，即表示人口數越多的情況下，氣溫就會越上升。但是在加入時間趨勢之實證結果 2，人口數增加所造成的年平均氣溫上升比無加入時間趨勢的實證結果 1 為低。然而此仍符合本研究預期符號，當地人口數的增加，代表機動車輛數與交通量相對的增加，因此排放溫室氣體與能源消耗量均會增加，造成溫室效應與都市熱島等現象，而使氣溫上升。也符合第二章有關於人

口數造成氣溫上升之相關文獻 (Karl et al., 1998; Philandras et al., 1999; Kalnay and Cai, 2003; 林立人, 2000; 林憲德, 2000; 徐森雄, 2007; 鄭祚芳等人, 2007)。

(二) 各鄉鎮市區耕地面積

實證結果 1 和 2 均證實耕地面積對年平均氣溫有非常顯著的影響，且耕地面積與年平均氣溫呈現負向關係，表示一地區耕地面積增加，會降低此地區之氣溫。如此則與上述之推論相同，也與第二章之許多文獻相符合 (Mehmwat et al., 1995; 林立人, 2000; 林憲德, 2001; 鄭婉純, 2004; 李洋毅, 2006; 徐森雄, 2007)，不論是綠地或是耕地，均有助於減緩氣候暖化之功效，降低都市熱島的形成。

(三) 各鄉鎮市區都市計畫工業區面積

實證結果 1 發現都市計畫工業區面積對年平均氣溫有顯著之負向之關係，表示工業區面積增加是氣溫下降的因素之一；而實證結果 2 結果卻是對年平均氣溫是顯著正相關，表示工業區面積增加會造成氣溫之上升。因此與本研究預期正或負之符號相一致，推論可能是因為工業區面積廣大，多半建蔽率較低，且工業區多要求設置廣大綠帶，以及工廠可能未完全設置工業區內，或工廠有閒置的情況發生，又或者工業區內之工廠屬於輕度污染工廠、排放之廢氣達到環保標準，是以工業區對都市氣溫有緩和的效果，也與鄭婉純 (2004) 研究發現低度開發之工業用地對都市氣溫之影響為負相關的相一致。但若都市計畫工業區之工廠沒有達到上述之要求，則會污染當地之空氣，對微氣候造成影響，由於研究範圍之各鄉鎮市區之工業區型態不一定相同，無法進一步得知，因此有可能造成其對氣溫之影響有所差異，對氣溫影響為正或負皆有可能。

(四) 各鄉鎮市區登記工廠家數

在實證結果 1，登記工廠家數與年平均氣溫呈現負向之關係，表示登記工廠家數的增加可以減緩氣溫的上升；在實證結果 2 則與年平均氣溫也呈現不顯著負向的關係，表示登記工廠家數多寡氣溫無關，這兩個結果均與預期符號不相符。推測可能因為登記工廠多位於台北都會區的郊區，市中心的工廠已經很少或沒有，郊區面積又比較廣大，若工廠位於郊區，則對其地區氣溫的影響可能沒有像人口密集的都市中心對其氣溫

的影響來得大，因此受到區位的因素可能產生登記工廠家數的增加可以減緩氣溫上升的誤解。也可能因為所選之變數為登記工廠家數，但是污染可能來自於未受管理的未登記工廠，或是違章工廠，這些因素沒有考慮進去，是以登記工廠家數與氣溫的上升無關。

第五節 小結

都市蔓延問題直接或間接的影響到氣候暖化上，台灣存在著都市蔓延的情形（高佩菁，2002；林承緯，2004），而本研究證明都市化指標的確會造成氣候暖化，因此在未來如何控制都市蔓延的擴大以及如何減緩氣候暖化的情形是重要的課題。

在本章第一節利用 GIS 的三種空間分析方法對 1996~2006 年台北都會區的人口變化進行分析，結果得到人口的分布近 10 年來呈現放射狀的發展，如此與 1996、2001、2006 年三個年度的北部地區年平均氣溫分布圖相符合，年平均氣溫在 23°C 以上的地擴大形態，可能受到地形與交通的影響，氣溫範圍的擴大除了有放射狀的發展外，也往較為郊區的桃園地區發展。人口的增加尤其在都會區的外圍，像是五股鄉、新店市、林口鄉、三峽鎮、汐止市…等地區，這些地區在此 10 年來年平均氣溫上升都有超過 1°C。同樣在第四節的實證分析結果發現，人口數與氣溫是有顯著的正相關，可見

得人口對區域氣溫之影響，以都市蔓延的發展情況來說，在人口部分主要是人口往都市外圍的聚集情形，本研究證實了這種現象的發生，實際上確實對區域氣溫造成影響。

在耕地面積對氣溫的影響方面，雖然耕地包括在綠地的範圍內，而且僅是少數綠地而已，但是仍有降低區域氣溫之效果，也證實了綠地可以吸熱、淨化空氣等效果，對減緩都市熱島之貢獻。都市蔓延發展形態會使得綠地減少，建築用地增加，造成都市散熱的不容易，易形成都市熱島，是氣候暖化之原因。因此如何減緩氣候暖化或都市蔓延形態之發展是重要的課題。

在各鄉鎮市區分別估計之固定效果統計量可以看出台北都會區的氣溫本來應該比現在之氣溫還低，可見得都市化對都市氣溫造成的影響，並且發現在擁有較大綠地面積或是有河流經過的地區，降溫之效果會比較明顯。

在時間趨勢方面，尤其對氣候暖化有相當大的影響，這可能與全球氣候暖化有關，世界各國從前多在追求經濟發展，對環保問題較不關心，然而在發現對環境與全球氣候造成嚴重的後果才逐漸重視到環保的問題；但是這些環境破壞不是立即可以去除的，其影響可能持續數十年，並且仍有開發中國家仍然追求經濟犧牲環境，故預期未來台北都會區的氣溫可能仍然會持續上升。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究證實了台北都會區在 1996~2006 年地研究期間內各地的氣候暖化範圍有擴大之現象，有許多全球性之因素會造成氣候暖化，然而本研究實證的都市化指標確實也是為造成氣候暖化之因素之一。再加上蔓延總體指標之分析，台灣地區各項蔓延指標都有逐年增加的趨勢，北中南主要都市也有氣候暖化現象，推估氣溫受到都市蔓延的影響將逐年上升。

一、台北都會區年平均氣溫上升範圍擴大

台北都會區年平均氣溫自 1996 年至 2006 年約上升 1°C ，有些地區甚至上升約 2°C ，且上升之溫度範圍有擴大的趨勢，甚至到達桃園縣地區，呈現放射狀的溫度分布，此與都市蔓延之放射狀發展形態類似。如此表示

台北都會區有氣候暖化之現象，不僅在都市中心為嚴重，都市外圍部分地區也有氣候暖化的發生，不屬於本研究範圍的桃園縣，也有氣候暖化的趨勢。可見得台北都會區都市蔓延與氣候暖化存在有一定關係。

二、台北都會區年平均氣溫上升範圍擴大與都市蔓延有關

本研究先利用 GIS 對台北都會區各村里人口數做各項空間分析，結果表示人口聚集或增加的地方近年來沒有落在都市中心，反倒是位於都市外圍地區，如此可以反映台北都會區的人口往都市外圍地區增加，這種都市外圍有都市化的情形則表示有都市蔓延的發生，又這些地區恰巧為年平均氣溫上升之地區，因此可以證實人口數對地區氣溫之影響。

本研究迴歸分析以鄉鎮市區為單位，利用總人口數、耕地面積、都市計畫工業區面積、登記工廠家數等都市化指標與年平均氣溫以 panel data 模式為分析，結果顯示人口數對於氣溫有相當大之正相關，此與上述利用 GIS 空間分析之結果相符；而耕地面積對氣溫則呈現負相關，可見得擁有廣大綠地可以降低區域之氣溫，可減緩氣候暖化；都市計畫工業區面積則對氣溫呈現正或負相關，可能與工業區之開發型態與發展情形有關而有所差異；登記工廠家數對氣溫呈現負相關，推測登記之工廠家數較少且多位於都市郊區，是與設定的鄉鎮市區範圍尺度有關，若尺度更細（村里），可能可較明確看出其關係，然而有些工廠沒有登記，其污染可能更加嚴重，更影響氣溫之變化。

另外在各鄉鎮固定效果估計量方面，可以歸納出若一地區有廣大的公園、綠地、其中許多樹木的種植、或是有河川流域的經過，對於降低當地氣溫有明顯的幫助，此與在第二章文獻回顧中許多研究結果，綠地可以降低區域氣溫相一致；而時間趨勢之固定效果估計量方面，隨著時間的增加，氣溫將持續上升，顯示大尺度範圍之因素對氣候暖化之影響相當大，即使台北都會區不受都市化指標之影響，氣溫仍會受到其他國家所排放之污染、環境變遷等造成之全球暖化現象而逐年上升。

三、台灣地區之氣候暖化

在第三章各項都市蔓延總體指標可以得到台灣地區如同台北都會區，各項都市蔓延指標均有逐年嚴重之情形。經由文獻回顧與本實證得到之都市蔓延指標對於氣溫有影響，因此推測全台灣地區均有氣候暖化之趨勢。因此在如何降地氣候暖化造成的影響，以及防止氣候暖化的發生，是

當前面臨的重要課題。

第二節 政策建議

一、農地政策之檢討

本研究實證結果證實耕地對氣溫之降低有顯著之功效，然而自 1995 年以來之農地釋出方案，雖有總量管制的機制，但是大量釋出農地(至 2003 年已釋出 3 萬 8 千多公頃)卻是不爭的事實。隨後 2000 年之農業發展條例之修正為農地自由買賣，以及 2002 年的台灣加入 WTO 所研擬的「農地釋出短、中、長期政策」，也是持續變更農地。到現今 2007 年的農村改建方案與農村改建條例草案(尚未實行)。政府政策不斷的對固有農地政策鬆綁，變更農業區為住宅區、工業區、商業區等可建築用地，如此可能加速都市蔓延速度，擴大氣候暖化範圍，且此與環境保護政策、綠地緩和氣候暖化相違背。政府應認知農地的功用，除了糧食供給之外，更有涵養水源、調節氣候…等之功效。因此檢討當前農地政策是必須的，並且適合時宜的提出正確之政策，以保護良好之自然環境資源。

二、多種植綠色植物與完善地區都市規劃

本研究實證結果部分，在固定效果模型中證明了在有廣大綠地或河流經過的地區，降低氣溫的效果較顯著。證實綠地有降低氣溫之功能，綠色植物可以吸收二氧化碳排放氧氣、淨化空氣；河流的經過可能帶來較涼爽的风等。因此多種植綠色植物（如樹木）有其必要性，可使周圍環境氣溫降低、空氣清新，自然可減少使用能源（如冷氣）。然而現今都市規劃缺乏整體性、目標性，以及未充分利用自然環境之優勢所形塑都市面貌、未能有效控制都市蔓延，如此規劃的各種土地配置狀態無法良好控制地區的氣候暖化現象。因此建議規劃者在未來從事規劃工作時，需將減少碳的製造與降低能源消耗的觀念融入地區規劃中、重視公園在都市中的比例，善加利用綠地與水域等自然環境以調和氣候暖化之影響，如多設置公園綠地、排除不必要的不透水層面（如瀝青、水泥道路與圍牆）、多種植綠色植物、在道路周邊行道樹的設置、建築物間風場之設計。如此可以在都市蔓延發展的現實環境下，盡最大的可能減少碳的產生，以緩和氣候暖化的影響。

三、政府政策整合與調適

本研究之時間趨勢固定效果估計量顯示台北都會區隨著時間的經過，氣溫將持續上升，也從第三章之各項都市蔓延總體指標之結果推測全台灣皆有氣候暖化的趨勢。因此政府應立即重視氣候暖化所帶來的影響，研究與擬定各項因應措施，以緩和只會更加嚴重的氣候暖化。在都市規劃方面不該只是如傳統的為規劃者的工作，應該為各學科間之整合，如規劃、地理、景觀、建築、生態環境學科間，各項政策互相整合與調適出最適當的規劃方式以使都市融入自然環境，達成防止氣候暖化之效果。

第三節 後續研究建議

一、擴大範圍至全台灣

由於本研究之範圍僅於台北都會區，建議未來可以探討全台灣之歷年平均氣溫分布圖，與各項因素比較分析，是否全台灣皆有因都市蔓延而產生之氣候暖化現象。

二、資料更加詳細

由於本研究之資料取得之限制，未能納入所有都市蔓延指標變數（如能源消耗量、二氧化碳排放量、都市道路長度…等），以及衡量尺度的鄉鎮市區範圍可能有過大而影響實際情形，因此建議未來資料若以村里為範圍，或許地區性的微氣候變化可以更加明顯的表示，以利從事空間分析部分。

三、克服大尺度因素

本研究之台北都會區氣候暖化有受到全球暖化的影響，所以相對都市蔓延指標，全球尺度之因素可能影響氣候暖化較大，然而若能夠扣除其所帶來的影響，以及各地區本身地理條件與區位等情形，將更能詳細分析都市蔓延指標對氣溫變化的影響，以及影響程度為何。

參考文獻

一、中文參考文獻

1. 王國權，2005，「台北都會區都市發展對都市能源消耗影響之研究」，國立台北大學都市計劃研究所碩士論文：台北市
2. 朱文彬，1994，「中位方法運用於都市擴張之研究」，逢甲大學建築及都市計畫研究所碩士論文：台中市
3. 任學慧、李元華，2007，「大連市近50年氣溫變化與城市化進程的關係」，『乾旱區資源與環境』，21(1)：64-67
4. 李豐任，2005，「台灣地區二氧化碳排放與經濟發展之關係」，中國文化大學經濟學研究所碩士論文：台北市
5. 李洋毅，2006，「綠化形態對都市熱島效應影響效果之研究」，銘傳大學媒體空間設計研究所碩士論文：台北市
6. 林立人，1999，「臺北都市熱島效應之觀測解析」，國立成功大學建築研究所碩士論文：台南市
7. 林憲德、陳冠廷、郭曉青，2001，「台灣中型都市熱島現象與土地利用

- 之觀測解析」，『規劃學報』，28：47-64
8. 林憲德、孫振義、李魁鵬、郭曉青，2005，「台南地區都市規模與都市熱島強度之研究」，『都市與計劃』，32(1)：83-97
 9. 林承緯，2005，「台灣都市蔓延發展型態之研究：以台灣四大都會區為例」，國立成功大學都市計劃學系碩士班碩士論文：台南市
 10. 林瑋翔、吳明進，2007，「Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, WMO.」，『全球變遷通訊雜誌』，53：20-28
 11. 柳中明，1993，「台灣的光化污染分析」，〈台灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會〉，台中，民國82年4月，頁261-275
 12. 高佩菁，2002，「都市蔓延發展之研究」，國立台北大學都市計劃研究所碩士論文：台北市
 13. 徐森雄、唐琦，1994，「台北市之都市化對氣溫變化之研究」，『氣象學報』，40(4)
 14. 徐國城，2006，「緊密都市形態之正負面效益論述～兼論對台灣城鄉空間發展之參考觀點」，『土地問題研究季刊』，5(4)：32-45
 15. 徐森雄、唐琦、陳品如、黃雅琳，2007，「臺中市之都市化對氣溫變化之影響」，『作物、環境與生物資訊』，4:307-313
 16. 陳明竺，1992，『都市設計』，台灣：創興出版社
 17. 陳澤義，1994，「全球溫暖化問題—國際反應及台灣努力方向」，『經濟前瞻』，34：57-61
 18. 陳昭銘、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』，28(3)：221-241
 19. 許珮漩，2007，「台灣都市蔓延之影響因素分析」，國立政治大學地政系碩士班論文：台北市
 20. 孫振義、林憲德，2006，「台南地區都市熱島強度全年變動之研究」，『都市與計劃』，33(1):51-68
 21. 張誌安，2005，「台灣鄉村蔓延之研究」，國立台北大學都市計劃研究所碩士論文：台北市

22. 張井勇、董文杰，2007，「土地覆蓋/利用變化對中國區域氣候的影響」，『中國科學院研究生院學報』，24(4)：543-547
23. 鄭婉純，2005，「都市土地使用與都市氣溫之關係之研究—台中地區之實證研究」，逢甲大學土地管理學系碩士論文
24. 鄭祚芳、鄭艷、李青春，2007，「近30年來城市化過程對北京區域氣溫的影響」，『中國生態農業學報』，15(4)：26-29
25. 楊盛行，1995，『氣候變遷與農業生產』，台北：中國農業化學會
26. 謝淑婷，2006，「氣候變遷與人類健康：風險及反應」，『全球變遷通訊雜誌』，51：10-15
27. 賴宗裕，2006，『成長管理』，國立政治大學地政學系

二、外文參考文獻

1. Austad, I., 2000, "The future of traditional agriculture landscapes: retaining desirable Qualities", In: Klijn, J. and Vos, W. eds. *From landscape ecology to landscape science*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 43-55
2. Antrop, M., 2000, "Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe", *Landscape Ecology*, 15: 257-270
3. Antrop, M., 2004, "Rural - urban conflicts and opportunities", *The New Dimensions of the European Landscape*, Edited by R. H. G. Jongman, pp. 83-91
4. Boyce, R. R., 1963, "Myth Versus Reality in Urban Planning", *Land Economics*, 39(3): 241-251.
5. Brundtland' s World Commission on Environment and Development, 1987, "Our common future", Oxford, New York
6. Clawson, M., 1960, "Land for the Future", (with Held and Stoddard, C.)
7. Colin, P., Silas, M., Stylianos, P., Pinhas, A., 1999, "Long term changes in diurnal temperature range in Cyprus", *Atmospheric Research*, 51:85 - 98

8. Casperson, J., Pecola, S., Jenkins, J., Hurtt, G., Moorcroft, P., Birdsey, R., 2000, "Contributions of land use history to carbon accumulation in U.S. forests" , *Science*, 290:1148-1151
9. Chung, Y.-S., Yoon, M.-B., Kim, H.-S., 2004, "ON CLIMATE VARIATIONS AND CHANGES OBSERVED IN SOUTH KOREA" , *Climatic Change*, 66:151 - 161
10. EEA , 2002, "Towards an urban atlas - assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas" , *Environmental Issue Report*, 30, Copenhagen.
11. Founda, D., Papadopoulos, K.H., Petrakis, M., Giannakopoulos, C., Good, P., 2004, " Analysis of mean, maximum, and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events" , *Global and Planetary Change*, 44 : 27 - 38
12. Friedman, N., 2004, "Energy and Smart Growth: It' s about how and where we build" , *Funders' Network for Smart Growth and Livable Communities*
13. Fung, W.Y., Lam, K. S., Hung, W.T., Pang, S.W., Lee, Y.L., 2006, "Impact of urban temperature on energy consumption of Hong Kong" , *Energy* 31: 2623 - 2637
14. Gottmann, J., 1961, "Megalopolis: The Urbanised Northeast Seaboard of the United States" , The Twentieth Century Fund, New York.
15. Glaeser, E. L., and Kahn, M. E., 2001, "Decentralized employment and the transformation of the American city" , *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper Series* #8117.
16. George, K., Ziska, L.H., Bunce, J.A., Quebedeaux, B., 2007, "Elevated atmospheric CO2 concentration and temperature cross an urban - rural transect" , *Atmospheric Environment*, 41:7654 - 7665
17. Harvey, R. O., & Clark, W. A. V., 1965, "The nature of economics and urban sprawl." , *Land Economics*, 41(1):1 - 9.

18. IPCC, 2000, "Emissions Scenarios" , Special Report on Emission Scenarios (SRES), *Oxford University Press*, Oxford: 691
19. Jones, P. D., Horton, E. B., Folland, C. K., Hulme, M., Parker, D. E., Basnett, T. A., 1999, "The use of indices to identify changes in climatic extremes" , *Climatic Change*, 42: 131-149
20. Karl, T. R., Diaz, H. F., and Kukla, G., 1988, "Urbanization: Its Detection and Effect in the United States Climate Record" , *J. Climate*, 1:1099 - 1123
21. Kenworthy, J., Laube, F., 2002, "Travel demand management: the potential for enhancing urban rail opportunities and reducing automobile dependence in cities" , *World Transport Policy & Practice*, 8(3):20 - 36
22. Kalnay, E., and Cai, M., 2003, "Impact of urbanization and land-use change on climate" , *NATURE*, 423:528-531
23. Kim, Y.-H., and Baik, J.-J., 2004, "Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea" , *Theor. Appl. Climatol.* , 79:151 - 164
24. Li, X. and Yeh, A. G.-O., 2004 "Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS" , *Landscape and Urban Planning*, 69: 335-354
25. Lamptey, B. L., Barron, E. J., Pollard, D., 2005, "Impacts of agriculture and urbanization on the climate of the Northeastern United States" , *Global and Planetary Change*, 49: 203- 221
26. Mehmet, K., Mete, T., Hüseyin, T., 1995, "EFFECTS OF URBANIZATION ON CLIMATE OF ISTANBUL AND ANKARA" , *Atmospheric Environment*, 29(23) 3411-3421
27. MacDonald, K., Rudel T. K., 2006, "Sprawl and forest cover: what is the relationship?" , *Applied Geography*, 25: 67 - 79
28. Nebel, B. J., and Wright, R. T., 1998, "Environmental Science" , Prentice-Hall, pp. 612-613
29. Ohls, J. C., and Pines, D., 1975, "Discontinuous Urban

- Development and Economic Efficiency.” , *Land Economics*, 51(3): 224-234
30. Ottensmann, J. R., 1977, “Urban Sprawl, Land Values and the Density of Development” , *Land Economics*, 53(4): 389-400
 31. Oke, T. R., 1979, “Review of urban climatology” , *WMO Tech. Note*, 169
 32. O’ Meara, M., 1999, “Reinventing Cities for People and the Planet” , *Worldwatch*, Washington DC.
 33. Oh, S. N., Kim, Y. -H., Hyun, M. -S., 2005, “Impact of urbanization on climate change in Korea, 1973-2002” , *Geophysical Research Abstracts*, 7:02951
 34. Peiser, R. B., 1989, “Density and Urban Sprawl.” , *Land Economics*, 65(3): 193-204
 35. Philandras, C.M., Metaxas, D.A., Nastos, P. Th., 1999, “Climate Variability and Urbanization in Athens” , *Theor. Appl. Climatol.*, 63: 65-72
 36. Pedroli, B. (Ed.), 2000, Landscape - Our Home. Lebensraum Landschaft, Essays on the Culture of the European Landscape as a Task, Indigo. Zeist - Freies Geistesleben, Stuttgart.
 37. Quereda Sala, J., Gilolcina, A., Perez Cuevas, A., Olcina Cantos, J., Rico Amoros, A., Montón Chiva, E., 2000, “CLIMATIC WARMING IN THE SPANISH MEDITERRANEAN: NATURAL TREND OR URBAN EFFECT (CICYT Project, National Climate Plan)” , *Climatic Change*, 46: 473 - 483
 38. Robinson, L., Newell, J.P., Marzluff J.M., 2005, “Twenty-five years of sprawl in the Seattle region: growth management responses and implications for conservation” , *Landscape and Urban Planning* , 71(1): 51 - 72
 39. SHUJI YAMASHITA, 1996, “DETAILED STRUCTURE OF HEAT ISLAND PHENOMENA FROM MOVING OBSERVATIONS FROM ELECTRIC TRAM-CARS IN METROPOLITAN TOKYO” , *Atmospheric Environment*, 30(3):429-435

40. Sami, A.-F., Osama, A.-H., Walid, C., 1997, "DATA BANK, The recent air temperature rise in Kuwait" , *Renewable Energy*, 12(1) : 83-90
41. Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., Jagadish, K. S., 2004, "Urban sprawl: metrics, dynamics and modeling using GIS" , *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5: 29-39
42. Shatzkin, A., 2004, "SPRAWLING TOWARDS CLIMATE CHANGE: Connecting U.S. Patterns of Land Development to Greenhouse Gas Emissions" , *Cities for Climate Protection-US®*, ICLEI-US Berkeley, CA Fall 2004
43. Svirejeva-Hopkins A., 2004, "Urbanised Territories As A Specific Component of the Global Carbon Cycle" , *Potsdam Institute for Climate Impact Research*
44. Wu, M. J., 1994, "The long-term variation of air temperature and rainfall in Taiwan" , *Monthly Publ. Sci.*, 25(2):122-126.
45. Yang, S. X., 1994, "The impact and its strategy from the climate change to future agriculture production" , *Chinese J. Agrometeorol.*, 1(4):125-131

三、網頁參考文獻

1. 中華民國能源之星網站
<http://www.energystar.org.tw/indexC.asp>
2. USDA Economic Research Service, 2002, "Briefing Room - Land Use, Value and Management: Urbanization and Agriculture" Retrieved from:
<http://www.ers.usda.gov/Briefing/LandUse/urbanchapter.htm>,
September 2004.
3. Sierra Club, 2004, "Stop Sprawl: Sprawl overview" , Retrieved from: <http://www.sierraclub.com/sprawl/overview/>