

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

海平面上升調適策略對台北都會區空間發展影響之研究

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSC 102-2410-H-004-207-
執行期間：102年08月01日至103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：林亭均
碩士班研究生-兼任助理人員：張致嘉
博士班研究生-兼任助理人員：沈育生

處理方式：

1. 公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢
2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否
3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考：否

中華民國 103年10月26日

中文摘要： IPCC 於第四次報告書中，模擬氣候持續暖化預測未來海平面上升之情形，而海平面上升對於人口集中的台北都會區將產生莫大之衝擊，同時亦會造成土地利用變遷。本文研究目的在於探討海平面上升對台北都會區土地利用變遷之影響，以及受淹沒地區之人口未來可能之遷移區位，主要係從社會經濟發展層面進行分析。運用二元羅吉斯迴歸模式並結合土地利用轉換與影響模型（CLUE-s），以四種不同情境模擬土地利用變遷之情況。

研究結果顯示，海平面上升之情形越嚴重，未來的都市建地發展會越趨向擴張的形式，對農林地產生變遷之壓力；而於同一海平面上升水平下，針對農林地進行管制，其建地之發展會較為集中於都市計畫地區範圍內，且多數人口亦將遷移至此，容易形成人口壓力。此外，土地利用變遷模擬所得之新增建地部分，於上升 59cm 情境 A、C 下足以容納受影響之人口，但上升 59cm 之情境 B、D 則不足以容納，皆會對台北都會區產生容受力之問題，產生累計人口超過計畫人口之現象。因此，建議未來政府於都市發展上，可調整都市計畫內之土地使用強度或都市範圍，也可利用都市更新之方式減少新的土地開發；此外，從國家層級分析，未來的國土計畫法於立法上，亦可將更多氣候變遷相關影響因子納入四大功能分區，透過適宜性分析進行分類分級，以做為未來土地利用發展之引導。

中文關鍵詞： 海平面上升、土地利用變遷、人口遷移、二元羅吉斯迴歸、CLUE-s

英文摘要： The 4th IPCC report simulated climate warming and predicted future sea-level rise scenarios. A sea level rise will have a great impact on the population of the Taipei metropolitan area, and it will also produce land-use changes. The purpose of this study is to research the impact of sea level change on land use changes and population migration in Taipei metropolitan, and the areas that will be immigrated by the flooded areas. The method used includes binary logistic regression model combined with Conversion of Land Use and its Effects Model (CLUE-s). Setting the sea-level rise and regulating agricultural land, forest land of the four simulated situations. The results show that the higher sea level rises, the more transformation towards urban development in the

future, and the higher sea level will also pressure agriculture and forestry changes. As a result of population pressure on Taipei metropolitan area, the same level of sea-level rise for the regulation of agriculture and forestry land, the development of building sites and population migration will be more concentrated on urban planning areas. In addition, the simulation of land use change generated new building sites, sufficient enough to accommodate the affected population under A and C simulated situations, but B and D couldn't generate such results. Instead, it will generate a carrying capacity issue.

Therefore, this thesis suggests that the government adjust the intensity of land use in urban development, urban areas and urban renewal of urban planning. In addition, the analysis from the national level, the future legislation of Land Planning Act should include the relation of climate change impact factors as a consideration of future land use development.

英文關鍵詞： Sea-level rise, land use change, population migration, binary logistic regression, CLUE-s

一、前言

探討海平面上升之原因，已由過去的熱膨脹、構造運動等轉為與氣候之關聯性，認為氣候暖化為造成海平面上升的原因之一（Walsh et al., 2002）；跨國政府氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)與麻省理工學院排放量預測與政策分析模型（Massachusetts Institute of Technology Emissions Prediction and Policy Analysis Model, MIT EPPA）下，指出人類的開發行為與土地利用變遷是造成氣候變遷的主要原因之一（IPCC AR4, 2007; Sokolov et al, 2009）。自工業化以來，人類對於產業、運輸發展等各項開發行為需求，使用大量之石化燃料及變更土地利用型態，使二氧化碳(CO₂)、氧化亞氮(N₂O)、甲烷(CH₄)、氫氟氯碳化物(CFCs、HFCs、HCFCs)、全氟碳化物(PFCs)及六氟化硫(SF₆)等溫室氣體濃度不斷提升，造成氣溫上升，由 1906 年至 2005 年，大氣平均溫上升攝氏 0.74 度，但過去五十年呈現加速增溫現象，每十年約增加 0.13 度(IPCC AR4, 2007)，但此平均溫度無法呈現出最近所產生之極寒及極熱之現象，此現象更影響著人類之各項活動；由 1970 年至 2004 年間因人類活動所產生的溫室氣體約增加 70%(IPCC AR4, 2007)，這些現象均證實氣候變遷已確實存在於人類活動的世界之中，其所產生之影響上主要是引起大地表面與海水增溫、海平面上升、海水酸化、降雨量巨幅驟變與各地極端事件發生等變化，這些現象均直接衝擊既存於地球中的自然環境、生態系統、水、土地、糧食等資源（IPCC AR4, 2007）。

氣候變遷已存在人類活動的世界中，其所引發的氣候暖化促使極地冰帽覆蓋融化，因而導致海平面上升（IPCC AR4, 2007），其中北半球之冰帽覆蓋面積在 80 年代後有明顯減少，夏季北極海冰覆蓋面積，在過去 30 年間，大約以每年 10% 的速率減少。IPCC 研究資料顯示，1961 至 2003 年全球海平面高度以每年平均 1.8 毫米的速度上升，而 1993 至 2003 年時間上升速度約每年增加 3.1 毫米（IPCC AR4, 2007）。若溫室氣體排放持續增加造成氣候持續暖化，於 21 世紀末預計海平面將會上升 1 公尺（Dasgupta et al., 2009）；而世界銀行更是指出潮汐運動促使海平面上升更多高度（World Bank, 2007），將更加劇各地可能受到的衝擊層面。由相關研究顯示，海平面上升是未來的趨勢，儘管其變化微小，但其所產生的後果影響卻是重大的，特別是沿海地區與島嶼國家(Olsthoom et al., 2005)。

若由空間發展來看，氣候變遷通常容易產生負面之影響(Ronald and Michael, 2009)。氣候變遷所導致之海平面上升將改變海岸與陸地系統，對於沿海地區、低窪地區、三角洲流域與地勢低窪的島嶼產生的影響最大，其所暴露的災害包含海岸、沿岸地區之土地受到侵蝕、土壤流失、沿岸懸崖線退縮、低窪地區淹水風

險、洪水氾濫、土壤鹽化、海水入侵、生態系統改變等，將直接衝擊土地；而都市地區、自然生態系統、人類活動系統、社會經濟、各級產業與各項設施等，均因為陸域減少而產生各種變遷，對於國家發展產生重大衝擊(IPCC AR4, 2007；Richard et al., 2008；Dasgupta et al., 2009；Olsthoorn et al., 2005；Fleischhauer, 2005)。而亞洲國家人口、產業與都市都大都集中於沿海地區，河岸兩旁集中的人口、產業等活動將會受到海平面上升的衝擊(Ronald et al., 2009)。

海平面上升與空間關聯性極高的情況下，土地利用將因氣候變化與海平面上升產生變遷(IPCC, 2007)，與土地利用變遷相關之空間影響層面為由自然地區(非都市地區)轉變為人為地區(都市地區)(吳振發，2006；張伊芳，2010)；於土地利用層面，皆衝擊土地上人類所需之生存空間、居住環境、產業活動與建設等，進而影響該地區土地利用之型態(Ronald et al., 2009)。

從資源使用觀點而言，非都市土地變更為都市使用所產生之土地利用變更，不同區位及使用型態對環境變遷的承载力與脆弱度皆有不同，對環境所產生的衝擊會有程度上的差異(賴進貴，2001)。面對海平面上升的衝擊，歐洲各國家先以保護(Protect)措施為主，如興建或增高堤防，以降低風險所發生之機率；在無法承受衝擊之情況下，則以撤退(Retreat)方式來降低風險，最後則是透過適應(Accommodate)來提高國家、社會對事件衝擊的適應力(Richard et al., 2008)。受到海平面上升影響的人口、產業面臨較大衝擊時，將會遷移到其他地區，尋求再發展機會(Olsthoorn et al., 2005)，此將對已開發地區及自然地區均會造成不同程度之影響。海平面上升對都市空間展影響最大，當受淹水地區居民與產業移往都市時，既有的都市容受力將承受更大的壓力，產生擁擠效應、都市蔓延，而鄰近都市地區周圍之自然地區，將為另一個發展的選擇(Ronald and Michael, 2009)，由於都市與非都市土地相鄰近之地區彼此於空間上會相互影響、競爭，直到滿足人口及產業需求而達到兩者之間的一個均衡點，Verburg et al.,(2004)建立模型證實都市與鄉村地區具有交互作用，因此自然地區的農地、山坡地與限制發展區，受到居民及產業遷移，將產生土地利用變遷為人為發展使用之情況，若無法有效引導，導致環境不當使用，將造成土地利用與農業生產力下降，此種結果會使得未來自然環境與糧食安全受到影響。

氣候變遷所造成的各種改變，與空間相關聯性最高的即為海平面上升，其導致的突發事件如：地窪地區淹水、土石流、山崩及強烈氣流(颱風等)與土地利用有極高影響力(Fleischhauer, 2005)。由於海平面上升與空間變遷具有極高之關聯性，因此可利用土地利用變遷來探討海平面上升之影響衝擊等問題。土地利用(Land Use)為人類於各種土地類型上所有的安排、活動與投入各項設施的人類行為，長遠來看，土地利用多出於社會與經濟目的之管理(IPCC, 2007)，在不同

之自然環境、社會經濟背景與政治文化發展的驅動力 (Driving Forces) 影響下，將產生各種不同的土地利用型態 (Verburg et al., 2003; Lambin et al., 2001; 周天穎、簡甫任、雷祖強, 2003)，而土地利用變遷通常是為了滿足人類生活與生產的新發展所產生的結果 (Haase and Nuissl, 2007)，其變遷係受到許多複雜的驅動力影響，其主要影響因素包含經濟、文化、制度、自然條件、與交通可及性等驅動力因素影響，驅動力與土地利用在不同時間、空間尺度與政策規劃下交互作用而產生動態之變遷 (Veldkamp and Fresco, 1996; 吳振發, 2006; 鄒克萬、黃書偉, 2007; 林裕彬、林允斌、王彥覃, 2007; 賴進貴, 2001)，因此透過探討土地利用變遷與驅動力間之關係，可了解土地利用變遷與社會經濟過程、土地開發、各項活動與自然資源間之關聯性 (Turner and Meyer, 1994; 吳振發, 2006)，可分析哪些地區可能進行土地利用之轉變，以利未來制定適宜的土地利用計畫。然而目前土地利用變遷下往往忽略了生態層面 (吳振發, 2006; 鄒克萬、黃書偉, 2007)。

過去土地利用變遷被視為一種不連續的路徑相依 (Path Dependent) 的型態，即未來之土地利用之發展方向受到過去及目前的利用狀況所影響，亦即過去之土地使用模式會限制、影響未來土地利用決策之重要因素。當以往之利用、投資會產生邊際報酬遞增 (Increasing returns) 時，路徑相依將產生正面的影響，一旦為遞減 (Decreasing returns) 時，路徑相依的方式將會衝擊置土地利用變遷的發展模式 (Landis and Zhang, 1998)。此外，過去認為土地利用變遷具有一致性與線性發展的變動模式 (Dietzel et al., 2005)，然而事實上土地利用變遷不僅依循過去的路徑，更受到其他驅動力：如經濟、社會、自然等因素之影響，各個驅動力影響個別土地利用變遷都均透過其機率過程 (Probabilities Process)，在此種之移轉機率下改變未來土地利用之型態 (Anderson et al., 1992)，而呈現不一致且非線性成長之變遷 (Dietzel et al., 2005; Verburg et al., 2004)。因此探討土地利用變遷時，宜透過驅動力之選擇、土地利用與驅動力間之量化來加以分析 (Verburg et al., 2004; Verburg et al., 2003; 鄒克萬、張耀麟, 2004)。

台灣為環海的太平洋島系，因地狹人稠，適合開發利用的土地資源有限，為滿足居民的居住、產業活動等需求，造成沿海地區、低窪地區、河岸地區等不適宜發展地區之超限利用，使得許多資源受到破壞，造成環境更加脆弱，全球環境變遷所導致的大海平面上升為國內重要之課題，視其上升幅度將對沿海地區、地勢低窪地區與河岸兩側產生不同程度之衝擊，如人口、產業、公共建設、運輸等土地利用受到衝擊，勢必將影響台灣整體土地利用、規劃等課題，最直接衝擊的即是山坡地、農地等限制展地區遭到變更使用，變更後將使環境恢復力降低，除了導致糧食安全受到影響，更會破壞自然資源等問題，因此海平面上升將對台灣產生極大之衝擊 (張伊芳, 2010)，而目前國內外文獻對於氣候變遷之研究較著眼

於探討氣候暖化為主，雖然近日海平面上升與都市土地利用的影響逐漸受到重視，但其探討層面也僅停留於沿海地區之影響與提出概念化的說明與作法，過去研究議題，提出海平面上升對都市內產業別與數量之影響、對水資源與電能之消耗及都市內主要道路及高速公路等運輸設施之影響，但並未提出可能之影響程度（Klein, 2001；Olsthoorn, 2005；CCSP,2007；Dasgupta et al., 2009；曾國禎, 2009；施學銘, 1995）。而目前台灣地區對於海平面上升議題相關研究，仍止步於海岸地區土地利用變遷之原因，對於都市內土地利用變遷之影響與預測，以及海平面上升地區之人口、產業遷移及自然地區衝擊等相關研究面向仍顯不足(曾國禎, 2009；施學銘, 1995；陳正昕, 2008)，目前僅張伊芳(2010)探討台北都會區當海平面上升後人口遷移之影響。

因此，本研究首先將選定台北都會區為研究範圍，因其自然環境屬性為盆地地形、三面環海且有淡水河流經，另於都市發展上人口、產業、設施集中，根據中央氣象局海象測報中心基隆觀測站之資料顯示，自 1948 年至 2009 年間，海平面共上升了 136 公厘，平均每年上升 2.27 公厘，於 1969 年至 2009 年，海平面共上升 123 公厘，平均每年上升 3.15 公厘，近期於 1989 年至 2009 年 20 年間，共上升了 73 公厘，平均每年上升 3.84 公厘。由此可見每隔 20 年間，海平面上升幅度有明顯增高之趨勢，若持續惡化，將對台北都會區之土地、人口、產業產生重大之衝擊。因此本研究配合 2007 年 IPCC 第四次評估報告模擬結果顯示 (IPCC AR4, 2007)，於未來 2099 年海平面上升介於 59~100 公分之情況下，未來將可能對台北都會區人口、產業、設施等土地利用產生之衝擊，以作為各項空間規劃策略制定之基礎。因此本研究第一年之計畫內容包括：

- (一) 探討都市土地利用變遷的各種驅動力。
- (二) 模擬海平面上升之情境，預測對未來土地利用變遷之影響。
- (三) 分析土地利用變遷後對人口、產業及自然環境之衝擊，以做為第二年為達到不同目標下政策研擬之依據。

本研究欲先探討台北都會區哪些地區之土地將受到淹沒？利用 1996 年、2006 年國土利用調查資料為基礎，計算二元羅吉斯迴歸(Binary logistic regression) 分析土地利用變遷之機率值，進而將其結果帶入土地使用轉換與影響模型 (Conversion of Land Use and its Effects Model, CLUE-s Model)，設定海平面上升狀況與農林地管制限制發展圖層，模擬未來 2099 年土地利用變遷情形。最後，則是分析土地利用變遷與人口遷移之關聯，由模擬之土地利用變遷狀況，計算變遷後新增的建地部分可容納多少受淹沒之居住人口，並探討人口遷移與都市計畫區之容受力之關係。於政策層面上，則著重於在滿足社經發展上，於不破壞環境、敏感地之前提下，針對日後的都市發展政策予以檢討，並提出因應海平面上升之

相關都市發展對策與建議。

二、研究設計

本文於土地利用變遷模擬上，主要係應用土地利用轉換與影響模型(CLUE-s Model)進行預測，CLUE-s Model 研究議題涵蓋土地利用變遷、多元空間尺度整合、多領域整合及方法論之探討，於土地利用變遷層面則廣泛應用於水文、集水區、景觀等預測，適宜分析區域性、高空間解析度的空間範圍(Verburg, 2002；林裕彬等人，2007)，可同時處理時間、空間、人類決策三種面向多重複雜性的能力，並以區位適宜性的分析，及土地利用系統間空間與時間動態的競爭與交互作用關係為基礎，進行區域性土地利用變遷模擬(Verburg, 2002)。

研究設計上，本文將 1996、2006 年台北都會區之國土利用調查資料土地分為七類，分別為農地、林地、建地¹、商業使用、工業使用²、草地、水體，進而透過土地利用變遷驅動力之選取，計算二元羅吉斯迴歸模式，得各土地利用變遷機率，並透過各種海平面上升情境之模擬，結合土地利用轉換與影響模型(CLUE-s Model)進行預測。

(一) 二元羅吉斯迴歸模式設計

運用機率模型探討土地利用變遷的研究上，二元羅吉斯迴歸(Binary logistic regression)模式使用上並不受多元常態分配的假設限制，可在解釋變數同時存在連續或離散資料，因此成為分析土地利用變遷機率及驅動因子影響程度分析的重要方法。本文將應用二元羅吉斯迴歸進行台北都會區受海平面上升之各種土地利用變遷驅動力因子的探討。

$$\text{Log}\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = f(x) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_n X_{n,i}$$

$$P_i = \frac{e^{f(x)}}{1 + e^{f(x)}}$$

P_i ：地點 i 某土地利用類別發生的機率

¹本研究所指之建地主要係為台北都會區內之整體建成地中扣除商業使用、工業使用之部分。包含住宅區、道路、公共設施等與居住相對應之建成地，係以住宅為主，因於都會區內所居住之人口應有其對應之相關公共設施、交通設施，方可達一定之服務水準，故於重分類上以建地稱之，該分類之作用將有助於本研究人口配置之實證分析。

²於此所稱之商業使用、工業使用，於國土利用調查當中係屬建成地之一環，之所以如此稱之，係為避免與都市計畫中之商業區、工業區名稱混淆，且國土利用調查亦以現況使用情形進行調查，因此以「使用」作為名稱上之區隔。

X_n ：與區位相關之因子，於本研究中係指土地利用變遷驅動力

β_n ：羅吉斯迴歸係數

二元羅吉斯迴歸的應變數為各土地利用別，本文將台北都會區重新歸類為農地、林地、建地、商業使用、工業使用、草地及水體七大類，並以各個驅動力因子為自變數，建立迴歸方程式，探討驅動力因子對土地利用變遷的影響程度。而土地利用變遷的驅動力可區分為社會經濟、自然環境與開發程度三大類。本文社經環境的驅動力納入人口、二級產業員工數、三級產業員工數三項因子；自然環境驅動因素上，探討的驅動力包含與河川距離、高程、坡度三項；另開發程度驅動力分別為與道路距離、與建物距離、與都市計畫地區距離三項變數。於資料處理上將以 100m×100m 之網格資料進行運算。

(二) 空間政策與管制情境之假設

空間管制政策上，依海平面上升情境 59cm、100cm 作為基礎，於管制政策則對農地、林地進行管制及無管制兩種情境，農林地管制係指於土地利用變遷模擬設定上，其農林地不可變更；無管制則可變更。如下表 1 所示：

表1 海平面上升與管制政策模擬情境分析表

農林地管制政策	海平面上升59cm	海平面上升100cm
無管制	情境A	情境B
管制	情境C	情境D

並配合經建會於民國八十五年修訂完成之「國土綜合開發計畫」所劃設之限制發展區，作為基本限制發展底圖，再結合海平面上升 59、100 公分之圖層，作為空間限制基本底圖。

(三) 轉移矩陣設定

配合空間發展與政策之各種情境下，進而探討轉移矩陣之設定，於矩陣內設定為「1」即為允許轉移，設定為「0」則為不允許轉移。本研究將水體設定為於未來將不會發生轉變為其他六種土地利用別；而於情境 C、D，對於農林地進行管制，禁止農林地轉為建地、商業使用與工業使用（設定如下表 2 所示），期保留更多農林地免遭破壞。

表2 模擬海平面上升時土地利用轉移矩陣設定表

		未來土地利用														
		農	林	建	商	工	草	水								
未管制農林地	農	1	1	1	1	1	1	1	管	1	1	0	0	0	1	1
	林	1	1	1	1	1	1	1	制	1	1	0	0	0	1	1
	建	1	1	1	1	1	1	1	農	1	1	1	1	1	1	1
	商	1	1	1	1	1	1	1	林	1	1	1	1	1	1	1
	工	1	1	1	1	1	1	1	地	1	1	1	1	1	1	1
	草	1	1	1	1	1	1	1	釋	1	1	1	1	1	1	1
	水	0	0	0	0	0	0	1	出	0	0	0	0	0	0	1

註：「1」為允許轉移、「0」不允許轉移

(四) 土地利用轉移彈性

土地利用轉移的彈性是指土地利用轉換的成本，當轉移彈性為0時，表示土地利用的轉移成本很低，可輕易轉變為其他種土地利用別；相反的當轉移彈性為1時，表示轉移的成本極高，要轉變為其他土地利用，相當不易（Verburg and Veldkamp, 2002）。本文將農地設定為0.2、林地0.3、建地0.7、商業使用0.8、工業使用0.6、草地0.1、水體為1（吳振發，2006；吳佩蓉，2008）。

(五) 土地需求計算

CLUE-s 模式中，需計算未來各總土地利用別之需求量，過去曾有相關研究使用預測未來之人口數計算未來建地之需求，並配合各種土地之增減比例進行修正（吳振發，2006；吳佩蓉，2008）。而本研究採取馬可夫鏈模式（Markov Chain model），土地利用變遷面積預測係根據區域過去之變遷情形建構模式，以預測未來各種土地利用別可能之面積大小（鄭祈全等人，2001），所計算出結果納入CLUE-s 模式當中進行土地利用變遷之模擬（林裕彬、陳虹螢、朱宏杰，2010）。

其數學表示為：

$$\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

式中 m 為土地利用別數量，第 i 種狀態轉變為各種狀態的總合為 1。而轉移機率係根據前一時期各種土地利用別之分佈求得，其數學表示式為：

$$P_{ij} = n_{ij} / \sum_{j=1}^m n_{ij}$$

P_{ij} 為轉移機率，而 n_{ij} 為土地利用別從狀態 i 轉變為狀態 j 的量，將土地利用別狀態的所有轉移機率加以整理，以機率表示，可得 m × m 的轉移機率矩陣（Transitional probability matrix）。假定 M 為轉移機率矩陣，則表示為：

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix}$$

式中每一列的總合為 1，矩陣內各值均大於或等於 0，當馬可夫重複自乘至無限多次後，矩陣內的各個數值將會趨於穩定，具有平衡矩陣 (Equilibrium matrix) 之特性。

此外，由於馬可夫鏈模式係假設前一時期土地利用類型發生的機率，係隨前一期所存在的類型而改變，此即為具有馬可夫特性存在；反之，若彼此發生互為獨立，不受前一期任一狀態所影響，即不具馬可夫特性 (吳治達，2004)。故於應用馬可夫鏈模式必須先測定期轉移矩陣是否具有馬可夫特性，才可進行變遷預測。其檢定馬可夫特性之方式如下：

$$\chi^2 = \left\{ \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [T_{ij} \times \ln(P_{ij} \div A_j)]^2 \right\} ; \text{d.f.} = (M - 1)^2$$

其中， T_{ij} 為轉移矩陣、 P_{ij} 為轉移機率矩陣、 A_j 則為轉移矩陣第 j 行網格數合計與總網格數之比率、 M 為土地利用別組數、d.f. 為自由度；運用上述式子驗證研究範圍之土地利用變遷是否具有馬可夫特性，於應用馬可夫鏈模式必須先測定其轉移矩陣是否具有馬可夫特性，才可進行變遷預測。進而將第一次與第二次國土利用調查進行馬可夫鏈特性之檢定。本研究所測定卡方檢定結果為 3052303，大於在顯著水準 0.01、自由度 36 下之理論卡方值 58.619215，其卡方檢定結果大於理論卡方值，表示本研究將國土利用調查運用於馬可夫鏈模式上符合該特性。

$$\chi^2 = 3052303 > \chi_{0.01,36}^2 = 58.619215$$

符合檢定後，本研究係以 1995 年作為驗證 2006 年之起始年，進行比較第一次與第二次國土利用調查之各別土地利用別數量，透過線性內插之方式，求得 2099 之土地需求量，詳下表 3。

表3 預測未來各類土地需求面積

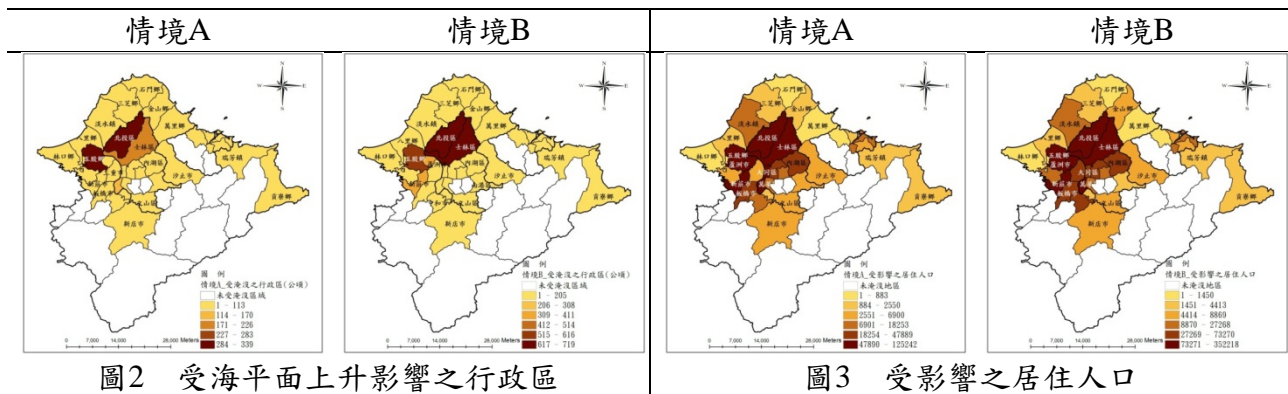
西元年	農地	林地	建地	商業使用	工業使用	草地	水體
1995	24,515	162,898	28,123	563	3,459	16,254	9,033
2006	17,573	169,462	30,276	4,557	4,225	11,893	6,859
2017	15,111	171,758	31,685	5,801	3,643	9,988	6,859
2028	14,254	172,104	32,300	6,332	3,341	9,655	6,859
2039	13,959	171,981	32,678	6,566	3,203	9,598	6,859
2050	13,857	171,767	32,937	6,681	3,146	9,599	6,859
2061	13,821	171,562	33,121	6,745	3,126	9,611	6,859
2072	13,807	171,390	33,256	6,787	3,121	9,625	6,859
2083	13,801	171,253	33,357	6,817	3,122	9,636	6,859
2094	13,798	171,145	33,434	6,839	3,125	9,646	6,859
2099	13,797	171,107	33,460	6,846	3,127	9,649	6,859

將上述二元羅吉斯迴歸模式設計、空間政策與管制情境之假設、轉移矩陣設定、土地利用轉移彈性之設定、土地需求計算，納入 CLUE-s Model 進行預測，得 2099 年 A、B、C、D 四種情境之土地利用變遷模擬結果，分析土地利用變遷之情況，

三、實證結果

(一) 海平面上升受淹沒之地區與人數

海平面上升 59 公分下，土地被淹沒最為嚴重之地區為北投區、五股區與士林區，而受到衝擊人口多集中於北投區、士林區、萬華區、五股鄉、蘆洲市、新莊市（如下圖 2 與圖 3 之情境 A 所示）。



當海平面上升 100 公分之情況下（如上圖 2 與圖 3 之情境 B 所示），嚴重影響之區域為北投區、士林區、五股區及蘆洲市、新莊市，衝擊人口則位於北投區、士林區、內湖區、大同區、萬華區及新莊市、蘆洲市、五股鄉。

(二) 二元羅吉斯迴歸模式分析

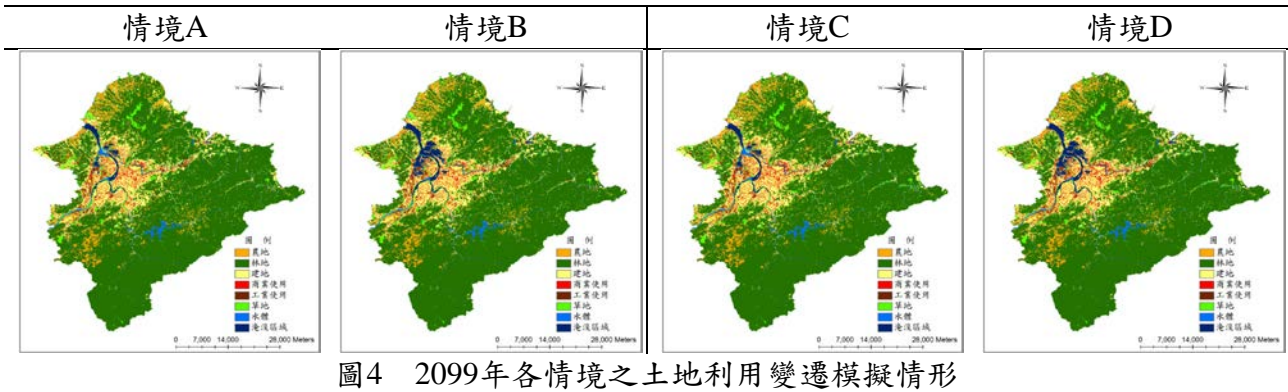
當二元羅吉斯迴歸模式應用於土地利用變遷上，最常使用於檢驗其配適度（Goodness of fit）係為 ROC 值（relative operating characteristic value），當 ROC 值高於 0.5 時其結果是可被接受的，而其 ROC 值介於 0.5 至 1.0 時，其值越高，預測準確度亦越高（Pontius and Schneider, 2000）。

本文羅吉斯迴歸模式使用兩次，第一次係以 1996 年國土利用調查配合 1995 年之人口、1996 年之二、三級產業員工數，以及與道路距離、與河川距離、與

都市計畫地區距離、與建物距離、高程及坡度計算之，主要係作為驗證 2006 年國土利用調查之資料。其結果顯示各種土地利用別之預測準確度(ROC)介於 0.686 至 0.971 之間；同時以第一次國土利用調查模擬所得之第二次國土利用調查資料，與實際第二次調查相比對，其整體分類準確度為 76.06%、kappa 值為 51.80%，係屬中度吻合(Moderate agreement)，因此，本研究所建立之土地利用變遷預測模式可被接受。

(三) 海平面上升之土地利用變遷模擬結果

以 A、B、C、D 四種情境進行模擬各種海平面上升與農林地管制下之情況，預測至 2099 年台北都會區之土地利用變遷情形，其各種情境模擬之結果如下圖 4 與表 5 所示。



其模擬之結果亦與研究設計之 2099 年土地需求量相近，表 5 為各情境下土地利用變遷之模擬結果。於各個情境下農地數量平均約佔總面積之 5.62%，較起始年減少約 1.56%；而林地約增加 0.7%；於各情境下建地數量平均則約佔總面積之 13.65%，與 2006 年相比約增加 1.28%；商業使用則平均為 2.77%，約增加 0.91%；工業使用模擬之結果各個情境下皆佔總面積之 1.28%，較 2006 年減少 0.45%；草地之模擬結果平均佔總面積 3.93%，減少約 0.93%；而水體亦符合研究設計於各情境下值皆維持於 2.80%，而以上結果會與當初設定的土地需求不同，可能係因容許誤差所致。模擬之結果呈現農地、草地、工業使用減少，其可能係移轉為建地、商業使用。

(四) 海平面上升對台北都會區之衝擊

1. 都市計畫範圍內之影響

透過 GIS 分析，以都市計畫圖作為基本圖層，區分都市計畫範圍內及都市計畫範圍外，下圖 5 分別為各情境下之都市計畫範圍內建地變動情形。

於情境 A (圖 6) 人口依序向台北市內湖區、文山區、北投區、大安區、士林區及信義區遷移，於情境 C 下，則係向內湖區、北投區、文山區、信義區、萬華區、士林區，從台北市總人口比較上，可發現農林地受到管制之情境 C 下，人口較向台北市集中；而台北縣於情境 A 下則係向中和市、土城市、板橋市、新店市、新莊市遷移，於情境 C 向中和市、板橋市、土城市、新莊市及新店市遷移者居多，於情境 C 下，亦可發現管制可使人口更向都市內部集中；另基隆市於情境 A 向七堵區、中正區及暖暖區集中，情境 C 則向信義區、中正區及七堵區集中。

另情境 B、D 於海平面上升 100 公分下 (圖 5)，較 A、C 情境建地有更向外擴張之趨勢。而於人口遷移上，情境 B 則是多向內湖區、文山區、信義區、大安區及北投區遷移，而無人口往大同區移動；而情境 D 下則係多朝內湖區、北投區、文山區、信義區、大安區及萬華區遷移。台北縣部分於情境 B、D 則朝向中和市、土城市、板橋市、新店市、新莊市及樹林市移動。基隆市於情境 B 下則係向七堵區、安樂區及中正區集中，而情境 D 則向暖暖區、信義區及七堵區集中。

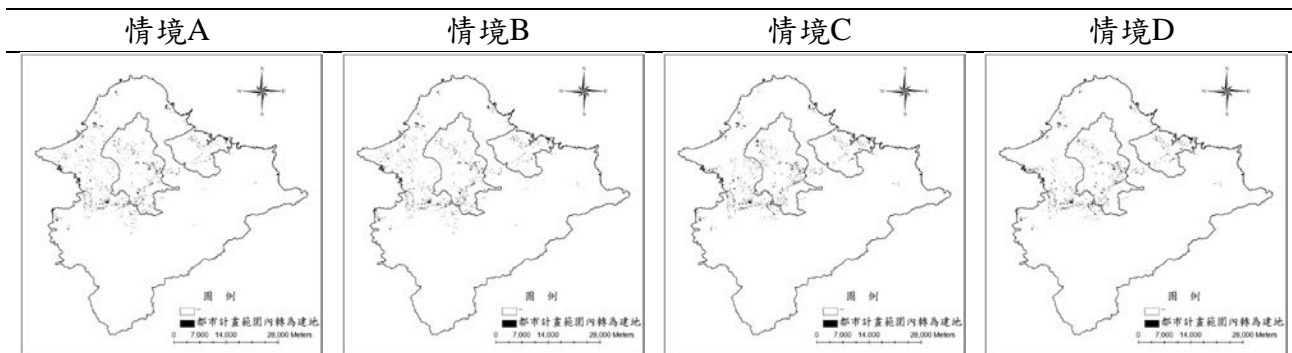


圖5 2099年土地利用變遷都市範圍內新增之建地

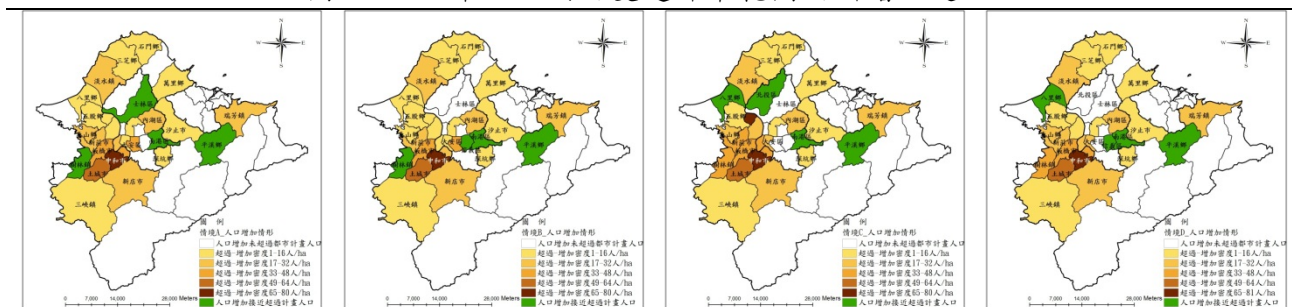


圖6 都市計畫範圍內人口增加情形

表6 人口累計後與都市計畫人口比較彙整表

都市計畫	目前情形	人口累計後超過計畫人口地區				都市計畫	目前情形	人口累計後超過計畫人口地區			
		A	C	B	D			A	C	B	D
士林區	○					石門鄉	●	*	*	*	*
大同區						石碇鄉					
大安區	*			*		汐止市	●	*	*	*	*
中山區						坪林鄉					
中正區	*	*	*	*	*	板橋市		*	*	*	*
內湖區	*	*	*	*	*	林口鄉					
文山區						金山鄉					
北投區			○			泰山鄉	●	*	*	*	*
松山區						烏來鄉		*	*	*	*
信義區				○	○	貢寮鄉					
南港區		○	○	○	○	淡水鎮	●	*	*	*	*
萬華區	●	*	*	*	*	深坑鄉	●	*	*	*	*
八里鄉			○		○	新店市		*	*	*	*
三芝鄉	●	*	*	*	*	新莊市	●	*	*	*	*
三重市		*	*	*	*	瑞芳鎮		*	*	*	*
三峽鎮	●	*	*	*	*	萬里鄉		*	*	*	*
土城市	●	*	*	*	*	樹林市		○	*	○	*
中和市	●	*	*	*	*	雙溪鄉					
五股鄉	●	*	*	*	*	蘆洲市	●	*	*	*	*
平溪鄉		○	○	○	○	鶯歌鎮					
永和市		*	*	*	*						

註：「●」代表目前都市計畫範圍內現況人口大於計畫人口之地區。

「*」代表現況人口加上可能之遷移人口，造成超過都市計畫人口之地區。

「○」代表現況人口加上可能之遷移人口，使得該區域人口數接近計畫人口。

根據上圖所示並配合上表 6 標記所示，未來海平面上升所產生的人口遷移，將會再造成台北市大安區、中正區及內湖區，以及台北縣三重市、永和市、板橋市、烏來鄉、新店市、瑞芳鎮、萬里鄉及樹林市(BD)，產生人口超過計畫人口之情況；而台北市士林區、北投區、信義區及南港區，與台北縣八里鄉、平溪鄉、樹林市(AC)，於人口增加上則可能造成該地區容受力負荷接近計畫人口（如上圖 6 綠色區塊部分）；而基隆市則因都市計畫有跨行政區之情形，故於此無進行討論。以上無論係目前現況人口超過計畫人口，或遷移入人口累計後造成超過或接近計畫人口之地區，該些區域都應於通盤檢討上納入討論，其中台北縣應納入檢討之數量多於台北市。

2.總人口遷移之可能區位

人口遷移於本研究內主要係探討都市計畫範圍內與台北都會區整體遷移情況（包括都市計畫範圍外），於此部分將探討淹沒人口與各行政區可能未來將移入人口數之關係，其人口未來可能遷移之區位如下圖 7 所示。

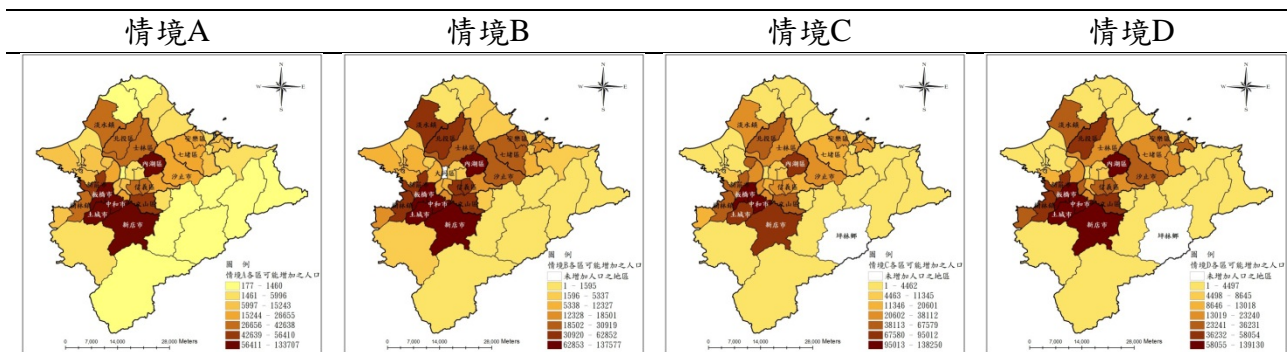


圖7 台北都會區內人口增加情形

以整個台北都會區分析遷移人口之區位，於情境 A 下，大多受淹沒之居民移往台北市內湖區、文山區，以及台北縣板橋市、中和市、土城市及新店市；情境 B 下，較集中台北市內湖區、文山區、信義區與大安區，台北縣則包含板橋市、中和市、土城市與新店市，而北投區、淡水鎮與樹林市則有明顯的人口成長，但其因大同區受淹沒情況較為嚴重，故無遷移至大同區；而於情境 C 下，因農林地受到管制，故其人口遷移安置上，亦較集中於台北市內湖區、文山區，台北縣中和市與板橋市；而於情境 D 下，因受到海平面影響較大，故其遷移多往台北市內湖區、北投區與文山區，台北縣中和市、板橋市、土城市、新店市及樹林市、新莊市，於情境 C、D 下並無遷入坪林鄉，其他山坡地區域範圍人口移入之數目同樣也較低，可更清楚地證明於農林管制政策下，未來台北都會區的發展會更為緊密。

同時，台北都會區受海平面上升 59 公分之影響，於研究範圍內受淹沒之土地上居住人口為 746,416 人，於情境 A 與情境 C 模擬建地變遷的情況下，於都市計畫範圍內（參下表 7）土地利用變遷所因土地需求所新增的建地部分，於情境 A 人口最大增加量可達 930,812 人，情境 C 則為 1,058,283 人，其可容納人數已高過受淹沒之人口，於都市計畫範圍內足以容納受影響之人口；另於都市計畫範圍外新增之建地，於情境 A 下亦可容納 215,743 人、情境 C 為 195,565 人。以整個台北都會區加總都市計畫範圍內外之建地，總計分別為 1,146,555 人、1,253,848 人。故無論於都市計畫地區範圍內外，該些新增之建地變遷，足以容納所有所有受淹沒的人口，皆為未來受淹沒人口可能遷移之處，而在可容納之情況下，於遷移區位的選擇上則顯得重要。

表7 台北都市區可容納人口彙整表

情境	A	C	B	D
淹沒地區人口	746,416	746,416	1,853,774	1,853,774
新增建地可容納之人口				
都市計畫範圍內	930,812 *	1,058,283 *	924,170	965,753
都市計畫範圍外	215,743	195,565	220,180	218,574
台北都會區總計	1,146,555 *	1,253,848 *	1,144,350	1,184,327
目前都市計畫範圍內之人口現況 (2006年)				
都市計畫人口			7,441,600	
現況人口			6,456,778	
尚可容納人口			984,822 *	

註：「*」代表於該區域即可容納受海平面上升59公分影響之人口數。

當海平面上升 100 公分時，台北都會區內受影響需安置之人口為 1,853,774 人(表 7)，於情境 B 下都市計畫範圍內僅能容納 924,170 人，情境 D 為 965,753 人，無法完全安置所有受淹沒的居住人口，若再加上都市計畫範圍外之可容納人數，也尚未能夠容納所有受淹沒的人口，代表當海平面上升 100 公分時，未來台北都會區於都市發展的容受力承載尚將無法負荷。因此，當都市計畫範圍內無法容納受影響居民之情況下，則需透過通盤檢討之方式，調整都市內之計畫人口，但同時亦應考量設施之相關配置。

四、結論

(一) 海平面上升將迫使都市擴張情形加劇

海平面上升對都市土地利用具有極大之影響，研究結果亦顯示其上升幅度越大，對於都市地區之人口發展影響層面也愈高。經由模擬結果可發現，海平面上升 100 公分之建地、商業使用發展趨勢較上升 59 公分來的擴張；而再透過農地、林地管制之方式，雖可使土地利用之發展較為集中，但海平面上升幅度較大者，仍會較為擴張，建地之擴張則會對農地、林地產生土地利用變遷之壓力。

而從土地利用變遷上可得知，大多皆為農地、林地、草地變遷為建地及商業使用，如此將導致農地破碎化，在目前國內糧食自足率低之情況下，都市擴張之情形將加劇對於農業發展的負面影響。而從氣候變遷調適層面分析之，都市擴張造成的農地、林地、草地轉移，其將降低氣溫調節、涵養之功能，且都市發展水泥化之現象造成熱對流不佳，加劇熱島效應，而擴張僅會增加都市地區與都市外地區之旅次長度增加、運具使用率提升，反而排放更多溫室氣體，使得氣候變遷問題更為嚴重。

(二) 產生人口遷移與都市計畫地區容受力問題

海平面上升所淹沒之地區對於人口造成衝擊，將會產生人口遷移之壓力，造成其他土地變遷為建地或產業使用之土地利用別。由研究結果可得知建地多變遷於都市計畫範圍內，而農地、林地受到管制後，其他土地於都市計畫範圍內轉變為建地之情形更為明顯、建地更為集中，而人口也亦配合每個建地網格內可容納之人口，配置至各個鄉鎮市及行政區內。而人口遷移至都市計畫範圍內會有三種情形：

- 1.對於目前都市計畫範圍內已有部分都市計畫地區產生容受力之問題，再加上移入遷移之人口，將會造成該都市計畫地區更加難以負荷，亦加劇其都市發展之問題。
- 2.於情境 A、C 下，人口遷移至其餘原仍在容受力可負荷之都市計畫地區，再人口移入後，將產生容受力難以負荷與超過之困境；同樣於情境 A、C 之狀況下，另有少許都市計畫地區加入移入人口後，瀕臨其可承載容受力之臨界值。
- 3.於情境 B、D 下，都市計畫範圍內土地利用變遷所新增建地，將無法容納海平面上升 100 公分受影響的居住人口，無足夠之空間可乘載該遷移力量。

五、建議

本文依據實證分析之結果與研究發現，提出未來台灣地區研擬國土計畫法與都市計畫相關配套措施之政策建議，說如如下：

(一) 引導人口配置至適宜之土地利用位置尚需有完善配套

受淹沒土地上之人口勢必得遷移至土地利用變遷之發展區位，遷移後將會影響各地區之計畫容受力，故未來都市地區與非都市土地則需要有所調整，以因應未來海平面上升後各種土地使用之適宜配置。

於都市計畫範圍內應透過通盤檢討，應優先將受淹沒地區之人口引導至都市計畫地區範圍內，須先瞭解各個都市計畫地區之現況人口是否有超過都市計畫人口，如有則將人口分配到其他承載力尚可容納之地區，如此才可對於遷移之人口做合理之配置，並可避免遷移壓力所產生之負面外部性，以及不當土地開發所導致的負面影響；而對於目前現況人口超過計畫人口之區域，則應立即檢討未來可再承載之容受力，調整計畫範圍內之容積率及計畫人口，經檢討後可避免居民遷移至都市以外地區之機會，可降低建地擴張之情形。同時政府亦可透過都市更新之方式，將舊市區進行更新、提升當地生活品質，以都市更新之方式作為降低人

們遷移往新建地之方式，可降低都市計畫範圍外土地變更使用，同時亦可減少農林地遭受變更、砍伐之情況。但值得注意的是，面對人口有增加之都市計畫地區，於相關公共設施之配置與開闢上，更不可忽略設施之配置時序、數量與品質，如此將有利於台北都會區永續之發展。

(二) 檢討都市計畫內容刻不容緩

由上述結論可得知當海平面上升 59 公分之情境 A、C 下，目前的都市計畫內容所訂之計畫人口，係足以容納受影響之居民，但會對部分鄉鎮市、行政區產生累計人口超過或接近計畫人口之容受力問題；而於情境 B、D，整個台北都會區都市計畫範圍內外皆無法容納受影響之人口。因此，因應氣候變遷所產生的海平面上升之人口遷移問題，可朝向以下兩種作法：

1. 不調整都市計畫範圍

於各種情境下皆維持目前都市計畫範圍大小，透過提高土地使用強度、提升容積率，以調整容受力的方式，使得整個都市發展更為緊密。但其作法若無與其他綠色環保規劃作法相互結合，並尋求最適的居住密度。然該作法將容易產生都市熱島效應及環境品質下降等問題。

2. 調整都市計畫範圍

此一作法係因應海平面上升 100 公分之 B、D 情境所提出，可藉由新訂或擴大都市計畫之方式增加可容納人口之建地，將農林地釋出以解決目前台北都會區無法因應之困境。但透過該一作法所產生之負面問題將導致農林地釋出、糧食安全、生態失衡、林地涵養、自然保育等問題。

於此，本研究較偏向不調整都市計畫範圍，利用調整容積率之方式解決人口遷移問題，因其作法為台北都會區保留較多的農林地，可提供調節氣溫之功能，並調適氣候變遷，亦可降低調整都市計畫範圍所衍生出的相關問題；而緊密都市的發展雖可能產生熱島效應或環境品質問題，但可透過節能減碳與綠色環保之作法，降低溫室氣體的排放，以減緩氣候變遷之影響。若採用調整都市計畫範圍，則可能因建地之增加、都市發展之擴張，造成氣候變遷與都市問題的惡性循環。

(三) 研擬國內因應海平面上升之相關空間規劃策略

目前台灣正擬定國土計畫法草案中，新增設海岸資源地區，但其嚴重忽略海平面上升對土地利用上之各種使用之衝擊，同時亦忽略居住於此之居民，以及在

此發展之產業。

而於城鄉發展地區之分類分級，面對海平面上升之情況下，應考量未來可能受淹沒之區域，並將可能受到波及之地區劃設一定範圍之緩衝區，降低其影響幅度；其亦可透過成長管理之方式訂定該區域之容受力指標，而後計入可能遷移入之人口數並建立其分派模式，並對其進行修正及定期通盤檢討之。如此即可在建立總量管制之方式下，引導淹沒地區居民至適宜之區位安置。

農業發展地區，於國土計畫法中則應避免將其劃設為開發許可之區域範圍內，若一旦被劃為開發許可區位內，則未來有極高之變遷機率，當變遷為建地後，對於整體調節氣候變遷之功能將會大幅降低。

因此，建議於國土計畫法擬定時，應將因應氣候變遷之空間規劃因素納入四大國土分區內進行確實考量，於劃設各個分區時應仔細思考其未來之土地利用情形將會導致何種後果，該後果是否具有可回復性？亦或會使得未來發展更為脆弱、敏感？。

歸納以上政策建議，可透過國土計畫法之訂定、都市計畫提升容積之調整、都市更新，以及相關減緩與調適之作法等方式，其主要目的期能夠降低氣候變遷與海平面上升對於台北都會區的衝擊，使上升幅度能有所減少，提供都市永續發展之方向。

中文文獻

吳佩蓉，2008，「整合土地利用模式與水文模式於集水區景觀生態規劃管理」，國立台灣大學生物環境工程研究所碩士論文：台北。

吳治達，2004，「民墾地之地景變遷監測研究」，國立台灣大學森林學研究所碩士論文：台北。

吳振發，2006，「土地利用變遷及景觀生態評估方法之建立」，國立臺北大學都市計畫研究所博士論文：台北。

周天穎、簡甫任、雷祖強，2003，都市地區土地利用變遷量化分析之研究，台灣土地研究，6(1)：105-130。

林裕彬、林允斌、王彥覃，2007，「台北都會區土地使用變遷模式之研究--子計畫一：土地利用變遷與政策之互動影響分析-空間統計模式(II)研究成果報告(完整

版)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫。

林裕彬、陳虹螢、朱宏杰，2010，「台北都會區土地利用變遷經驗模式之比較與整合研究—土地利用變遷對水文衝擊模擬與評估」，〈台北都會區土地使用變遷模型之比較研究成果發表會會議論文集〉，臺灣大學建築與城鄉研究所：台北。

施學銘，1995，「未來全球變遷對臺灣海岸環境之衝擊與因應研究規劃」，〈全球氣候變遷對台灣之影響與因應研究規劃研討會〉：台北市。

巢清塵，2009，氣候政策核心要素的演化及多目標協同，『氣候變化研究進展』，5(3)：151-155。

張伊芳，2010，「海平面上升對土地利用變遷與人口遷移影響之研究」，國立政治大學地政系碩士論文：台北。

陳正昕，2008，「應用都市模型於因應海平面上升之空間調適策略」，國立台灣大學地理環境資源學研究所碩士論文：台北。

曾國禎，2009，「台灣環島及東亞地區海平面上升之研究」，國立臺灣海洋大學海洋環境資訊學系碩士論文：台北。

黃書禮，2008，「全球環境變遷與都市周土地使用改變對都市生態經濟影響之研究：以台北—桃園地區為例，第一冊：台北—桃園地區都市周邊土地使用與地表覆蓋變遷」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

鄒克萬、黃書偉，2007，「都市土地利用變遷對自然環境衝擊之空間影響分析」，『地理學報』，48：1-18。

劉小蘭、賴玫綺，2011，「都市化與氣候暖化關係之研究—以台北都會區為例」，『台灣土地研究』，14(2)：39-66。

鄭祈全、許立達、賴玉菁，2001，「應用土地利用資訊系統遷測森林地景變遷之研究」，『台灣林業科學』，16(1)：1-19。

賴進貴，2001，台灣環境變遷與氣候變遷衝擊之評析—土地利用變遷（II），行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告，台灣大學地理環境資源學系。

英文文獻

CCSP, 2007, "Climate changes Spatial Planning Introduction to the Dutch national research programme," National Research Programme Climate changes Spatial Planning: 1-32

Cohen, S., Demeritt, D., Robinson, J., & Rothman, D.,(1998), Climate change and sustainable development: towards dialogue, *Global Environmental Change*, vol. 8 (4), pp.341-371.

Dasgupta S., Laplante B., Meisner C., Wheeler D., Yan J., 2009, “The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis,” *Climatic Change* (93):379 – 388

Fleischhauer M., 2005, “Spatial planning as an adaptation strategy to climate change – Starting points for research and planning practice,” National Conference Climate changes Spatial Planning, Parallel session B

Hamin, E.M. and Gurran, N.,(2009),Urban form and climate change: Balancingadaptation and mitigation in the U.S. and Australia." *Habitat international*, vol.33(3),pp.238-245.

Jones, R.(2004), Using risk assessment to inform adaption, presentation at workshop on Impact of, and vulnerability and adaptation to, climate change, UNFCCC, bonn.

IPCC, Climate Change 2001:Synthesis Report., A Contribution of Working Groups I, II, III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R.T. and the Core Team, Eds., Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp.398.

IPCC, Climate Change 2007:Synthesis Report., A Contribution of Working Groups I, II III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, R.K., Reisinger, A. and the Core Team, Cambridge University Press.

IPCC, Climate Change 2007: Working Group II Report ” Impacts, Adaptation and Vulnerability” . Chapter 18: adaptation and mitigation Coordinating , Denton, F. et al., pp.745-777.

Klein, R.J.T., Schipper, E.L.F. and Dessai, S.,(2005), Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions, *Environmental Science & Policy*, vol.8(6), pp.579-588.

Klein, R.J.T.; Nicholls, R.J.; Ragoonaden, S.; Capobianco, M.; Aston, J., and Buckley, E.N., 2001. “Technological options for adaptation to climate change in coastal zones,” *Journal of Coastal Research*, 17(3): 531 – 543.

Lambin, E. F., et al., 2001, “The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths” , *Global Environmental Change*, 11: 261-269.

Olsthoorn X., Werff P., Bouwer L. M. and Huitema D., 2005, “Neo-Atlantis: Dutch

Responses to Five Meter Sea Level Rise, Institute for Environmental Studies,” Working Paper FNU75: 1-43

Pontius, R.G., Schneider, L.C., 2001, “Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, ” USA, *Agriculture, Ecosystem and Environment*,85: 239-248.

Rannow, S., Loibl, W., Greiving, S., Gruehn, D.,(2010), Potential impacts of climate change in Germany—Identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, vol.98(3-4), pp.160-171.

Richard S.J, Tol, Richard J.T. Klein, and Robert J. Nicholls, 2008, “Towards Successful Adaptation to Sea-Level Rise along Europe’ s Coasts,” *Journal of Coastal Research*, 24, (2) :432-442

Ronald E., Michael W., 2009, “Climate Change and Challenges for the Urban Development of Ho Chi Minh City / Vietnam,” *Pacific News* , 31:1~3

Roy, M.,(2009), “Planning for sustainable urbanisation in fast growing cities: Mitigation and adaptation issues addressed in Dhaka, Bangladesh, *Habitat International*, vol.33(3), pp. 276-286.

Sokolov Klein, R.T. and Nicholls, R.J., 1999. “Assessment of coastal vulnerability to climate change,” *Ambio*, 28(2):182 – 187.

Swart, R., and Raes, F., (2007), Making integration of adaptation and mitigation work: mainstreaming into sustainable development policies?, *Climate Policy*, vol.7, pp.288-303.

Veldkamp, A. and Fresco, L.O., 1996, “CLUE: a conceptual model to study the conversion of land use and its effects,” *Ecological Modeling*, 85: 253-270

Verburg, P. H., Schot, P., Dijst, M., Veldkamp, A. 2003, “Land use change modelling: current practice and research priorities,” *Environment and Planning*, 27: 247-263.

Verburg, P. H., Veldkamp, A., Espaldon V., 2002, “Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model” , *Environmental Management*, 30(3) :391 – 405

Verburg, P.H. and Veldkamp, T., 2002, “The CLUE model: a spatially explicit model for the analysis of Land Use Change and its Effects, ” Wageningen University: The Netherlands.

Verburg, P.H., 2002, “Manual_The Conversion of Land Use and its Effects model version for regional extent (CLUE-S version 2.0)” Wageningen University.

Viguié, V., Hallegatte, S.,(2012) Trade-offs and synergies in urban climate policies. Nature Climate Change, vol.2(4), pp.1-4.

Vogt-Schilb, A.,Meunier, G., Hallegatte, S., (2012), “How inertia and limited potentials affect the timing of sectoral abatements in optimal climate policy” , The World Bank, Sustainable Development Network, Washington D.C., U.S.A.

World Bank,2007, East Asia Environment Monitor 2007 Adapting to Climate Change.

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2014/08/11

科技部補助計畫	計畫名稱: 海平面上升調適策略對台北都會區空間發展影響之研究
	計畫主持人: 劉小蘭
	計畫編號: 102-2410-H-004-207- 學門領域: 都市及區域
無研發成果推廣資料	

102 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：劉小蘭		計畫編號：102-2410-H-004-207-				計畫名稱：海平面上升調適策略對台北都會區空間發展影響之研究	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	0%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	0	0	0%		
		專書	0	0	0%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	1	1	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p style="text-align: center;">無</p>
---	--------------------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

研究結果顯示，海平面上升之情形越嚴重，未來的都市建地發展會越趨向擴張的形式，對農林地產生變遷之壓力；而於同一海平面上升水平下，針對農林地進行管制，其建地之發展會較為集中於都市計畫地區範圍內，且多數人口亦將遷移至此，容易形成人口壓力。此外，土地利用變遷模擬所得之新增建地部分，於上升 59cm 情境 A、C 下足以容納受影響之人口，但上升 59cm 之情境 B、D 則不足以容納，皆會對台北都會區產生容受力之問題，產生累計人口超過計畫人口之現象。因此，建議未來政府於都市發展上，可調整都市計畫內之土地使用強度或都市範圍，也可利用都市更新之方式減少新的土地開發；此外，從國家層級分析，未來的國土計畫法於立法上，亦可將更多氣候變遷相關影響因子納入四大功能分區，透過適宜性分析進行分類分級，以做為未來土地利用發展之引導。