

接軌「都市化與環境變遷」國際研究— 台灣研究議題*

黃書禮** 李盈潔*** 李叢禎**** 周素卿*****
林子倫***** 張昱諄***** 張學聖*****
葉佳宗***** 詹士樑***** 蔡育新*****

論文收件日期：106年11月03日

論文接受日期：107年09月14日

摘 要

都市化是21世紀全球環境變遷重要的現象與主因之一，都市化與環境系統之間的複雜關係已受到國際研究重視。台灣於20世紀起的快速都市發展，以及全球環境變遷愈趨嚴重之衝擊下，逐漸發展都市化與環境變遷議題之相關研究，而科技部自然司永續學門於2013年進行永續相關議題之核心計畫研究發展與推廣，共七個核心計畫。本文針對「都市化與環境變遷」核心計畫對於台灣接軌國際之研究所建構之科學計畫研究架構，提出四大研究議題—「都市化的驅動力與影響」、「都市化對環境系統的影響」、「環境變遷對都市系統的影響」、「都市對環境變遷的因應與成效」，以了解都市化與環境變遷的交互作用與反饋過程，並從國際最新研究趨勢與國內現況及政策環境，提供各議題之未來研究思考方向。

關鍵詞：科技部、都市化、環境變遷、驅動力

-
- * 本文摘自科技部「都市化與環境變遷」核心計畫之科學計畫，共同作者均為參與修改科學計畫的撰稿人員，依筆畫順序排列之。
 - ** 特聘教授，國立臺北大學都市計劃研究所，TEL：(02)86741111#67346，
E-mail：shuli@mail.ntpu.edu.tw。
 - *** 助理教授，國立中興大學景觀與遊憩碩士學位學程。
 - **** 教授，國立臺北大學經濟系。
 - ***** 教授，國立臺灣大學地理環境資源學系。
 - ***** 副教授，國立臺灣大學政治系。
 - ***** 博士後研究，國立臺北大學都市計劃研究所。
 - ***** 教授，國立成功大學都市計劃學系。
 - ***** 助理教授，國立臺北大學都市計劃研究所。
 - ***** 教授，國立臺北大學不動產與城鄉環境學系。
 - ***** 教授，國立政治大學地政系。

International Research on Urbanization and Environmental Change and Research Issues for Taiwan

Shu-Li Huang*, Ying-Chieh Lee**, Tsung-Chen Lee***,
Sue-Ching Jou****, Tze-Luen Lin*****, Yu-Tsun Chang*****,
Hsueh-Sheng Chang*****, Chia-Tsung Yeh*****,
Shih-Liang Chan*****, Yu-Hsin Tsai*****

ABSTRACT

Urbanization is one of the main causes and phenomena of global environmental change in the 21st century, and the complicated relationships between urbanization and environmental system have been recognized by international researches. Due to the rapid urban development in Taiwan in the 20th century and the increasing awareness of global environmental change, the core project of urbanization and environmental change was proposed as an important research issue of sustainable development by the Department of Natural Sciences and Sustainable Development of Taiwan's Ministry of Science and Technology in 2013. Based on the science plan of the core project "Urbanization and Environmental Change", four major themes were proposed: (1) the driving forces and influence of urbanization; (2) urban processes that contribute to global environmental change; (3) pathways through which global environmental changes affects the urban system; and (4) consequences of interactions within urban systems on global environmental change. This study aims at discussing the interaction and feedback process between urbanization and environmental change, and proposing suggestions of future research on the basis of the trends of international research and current issues of Taiwan's urbanization and environmental change.

Key words: Driving force, Environmental change, Ministry of Science and Technology, Urbanization

* Distinguished Professor, Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University, TEL:+886-2-86741111#67346, E-mail: shuli@mail.ntpu.edu.tw.

** Assistant Professor, Program of Landscape and Recreation of National Chung Hsing University.

*** Professor, Department of Economics, National Taipei University.

**** Professor, Geography and Associate Dean of College of Science, National Taiwan University.

***** Associate Professor, Department of Political Science, National Taiwan University.

***** Postdoctoral Research Fellow, Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University.

***** Professor, Department of Urban Planning, National Cheng Kung University.

***** Assistant Professor, Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University.

***** Professor, Department of Real Estate and Built Environment, National Taipei University.

***** Professor, Department of Land Economics, National Chengchi University.

一、前言

都市化是21世紀最具影響性的環境變遷現象之一（Seto et al., 2003），雖然都市地區僅佔地球表面的2%，但已容納超過一半的全球人口（United Nations, 2000; United Nations, 2014a），而且都市地區使用超過全球2/3的資源，造成70%以上的二氧化碳排放（IEA, 2008）。United Nations出版的World Urbanization Prospect（2014 Revision）指出，由於持續的人口成長與都市化現象，預計於2050年全球都市人口將增加25億人，都市人口占全球人口的比例增加至66%，而且會有更多人口居住於小於一百萬人口的都市，並形成更多的超大型都市（mega-cities），高度都市化發展將造成更嚴重的環境變遷問題。

有鑑於都市化現象對全球環境的顯著影響，都市化與環境變遷議題已受國際重視。全球環境變遷人文面向研究（International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change，簡稱IHDP）組織為了深入瞭解在地區、區域與全球等不同空間尺度下，都市化與全球環境變遷之互動關係與反饋效果，故於2005年研擬核心研究議題—「都市化與全球環境變遷」（Urbanization and Global Environmental Change，簡稱UGEC）。UGEC強調全球環境變遷為都市地區經濟、政治、文化、社會過程的驅動力，也是這些過程所造成的後果，故都市化可以同時被視為全球環境變遷的內生與外在因素（Sánchez-Rodríguez et al., 2005）。UGEC以四個主題探討都市系統（urban system）與自然環境系統（environmental system）之間的互動關係，包括：(1)都市系統對全球環境變遷的影響；(2)全球環境的實質變遷對都市系統的影響；(3)都市系統內部面臨全球環境變遷之內在互動作用與回應；以及(4)都市系統內部作用對全球環境變遷產生的效果或反饋過程。1988年設立的聯合國「政府間氣候變遷委員會」（Intergovernmental Panel on Climate Change，簡稱IPCC），係專門研究氣候變遷議題且具重要影響力的國際科學組織，結合來自世界各國的科學家，共同提供氣候變遷的科學視野，包括氣候變遷趨勢、目前的研究進展，以及氣候變遷對環境與社會經濟之潛在衝擊等。IPCC於2014年提出的第五次氣候變遷評估報告「IPCC AR5」，特別專章說明都市化與全球氣候變遷之間的相互影響關係，包括WGII第八章探討「都市地區」的氣候變遷調適（adaptation）（IPCC, 2014a），以及在WGIII第十二章「人居環境、空間規劃與設施」探討都市因應氣候變遷的減緩（mitigation）策略（IPCC, 2014b）。

為了整合全球環境變遷的國際研究組織，包括國際氣候研究科學計畫（World Climate Research Programme，簡稱WCRP）、國際地圈、生物圈科學計畫

(International Geosphere-Biosphere Programme, 簡稱IGBP)、全球環境變遷人文面向研究(IHDP)與生物多樣性計畫(DIVERSITAS),中央研究院前院長李遠哲在擔任「國際科學理事會」(International Council for Science, 簡稱ICSU)主席時規劃推動成立「未來地球」(Future Earth)之計畫,作為國際學術合作與全球永續發展研究的整合性平台。「未來地球」於2014年所發表的「Strategic Research Agenda 2014」,將全球環境變遷下,都市地區面對之糧食、飲水、能源、居住環境及其他生態系統面臨高度的衝擊及風險等,分列並強調於此報告書的八大項主軸研究議題中(Future Earth, 2014)。在「未來地球」計畫倡議之全球永續(Global Sustainability)議題中,都市可視為「未來地球」計畫三個主要研究主題“Transformations toward Sustainability”,“Global Development”,以及“Dynamic Planet”的跨領域議題(cross-cutting issue),因之在全球永續議題下,如何因應全球環境變遷的都市永續性再度成為重要研究焦點。

在全球環境變遷之影響下,20世紀以來台灣百年溫度約上升攝氏1.1~1.6度,且因台灣都市發展集中於西半部地區,高密度人口與經濟活動增加西半部都市地區海平面上升與洪災的風險。過去台灣都市化與環境變遷之研究,主要包含都市及區域發展、住宅與不動產、環境規劃與管理、空間與設計等範疇,各領域已累積大量知識與研究基礎,但是缺乏一個都市化與環境變遷研究的核心計畫來引導未來研究發展,以及將研究與國際接軌。因此,科技部自然司永續學門於2013年推動研究發展及推廣計畫,擬定七個核心計畫,其中「都市化與環境變遷」核心計畫提出一個多面向的研究架構(林裕彬,2014),並列出都市化與環境變遷相關研究的重要議題,主要是期望可以為都市化與環境變遷之間的交互作用與反饋過程,勾勒出基本的研究架構,如圖1所示。首先是瞭解台灣都市化的驅動力以及對都市系統的影響(Theme 1);其次是探討都市化對環境系統的影響與衝擊(Theme 2);環境系統受到影響而產生變遷後,將對都市系統產生反饋與衝擊(Theme 3);最後則是探討都市系統內部對於環境變遷的因應與成效(Theme 4)。以下分別說明四大議題的內涵與涵蓋的子議題研究方向,最後提出未來整體研究方向的結論與建議。

二、都市化的驅動力與影響

都市化是指分布於都市地區的人口比例提高之過程,都市化同時也是一個由鄉村社會轉移到都市社會的現象,而政策與經濟面因素也是驅動都市化過程的成因之

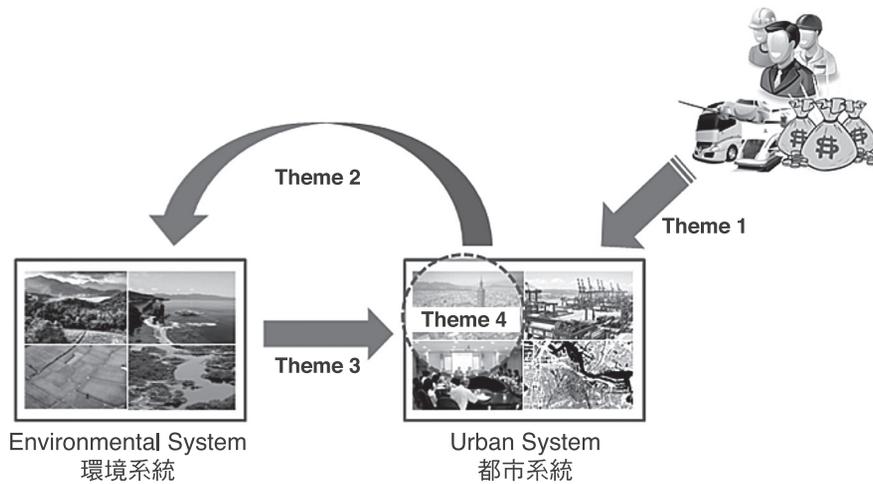


圖1 都市化與環境變遷核心計畫議題架構圖

資料來源：林裕斌，2014，永續學門（永續發展跨域整合研究組）研究發展及推動計畫（計畫編號：MOST 103-2621-M-002-001），臺北市：科技部。

一，從明確的都市政策到隱性的社會經濟政策，皆會影響都市發展過程。例如透過居民安置政策將人口導引到特殊地點、或是透過都市層級政策重新將都市地區界定為成長中心，這些政策中，有些目的係引導都市化的發生，有些卻是避免過度都市化（UNCHS/HABITAT, 1994）。

都市地區不僅只有實質建成環境（built environment）及其空間佈局，還包括了制度、治理與社會過程，因此都市應該被視為一個由人類主宰、具有階層結構、綜合、複雜且動態的調適系統，並與其所處環境產生交互作用。在都市化的過程中，都市系統（urban system）受到外在驅動力的影響，使得都市系統內部產生多方面的變化，包括：地表景觀、人口、社會、文化、政治制度等（Sánchez-Rodríguez et al., 2005）。都市的空間格局是一個路徑依賴過程，都市系統在都市化的過程，反映出過去的決策，也顯現出目前的社會經濟情況與政治過程，同時也隱含了規劃、交通成本、聚集經濟與市場價格，而且都市建成地擴張的同時，也使地表覆蓋、景觀格局與都市空間形態（urban form）同時產生轉變，這些變遷都是討論都市化對環境影響的關鍵核心。

在科技部自然司永續學門「都市化與環境變遷」核心計畫的研究架構中，對於台灣都市形塑過程的基礎瞭解與分析，是相當必要的一個環節。因此在探究都市化與環境變遷核心議題之前，必須探究影響台灣都市形態與都市擴張模式的環境與社會經濟決定因素，並研析其範疇與相對重要性。目前台灣總人口數已超過2,300萬

人，其中有將近80%的人口居住於都市地區（Huang et al., 2003），但目前台灣生育率極低，因此人口自然成長趨緩，反倒是人口遷移所帶來的社會成長，成為目前台灣都市人口成長的動力。台灣未來整體人口將逐漸減少，除主要都會區外，多數縣市都市計畫區將面臨都市萎縮現象，更影響未來台灣的都市發展趨勢。從19世紀中葉起，國際資本勢力對台灣北部的開發開始埋下了都市化萌芽的種子，而後各政權所運用之不同政策手段，逐漸勾勒出台灣都市發展的脈絡。

台灣都市化的背景與驅動力具有本土歷史發展之特殊性，因此無法完全利用國外研究來觀察台灣的人口流動與都市擴張情形。跨越空間尺度的交互作用過程，驅動了當代都市化的迅速性、規模與地域範圍，而且都市化的驅動力也不侷限於發生在都市及其周邊地區，如關於影響台灣的非人口性（non-demographic）的外在驅動因素，在當前台灣都市系統的發展應也扮演了重要的推手。

因此，本文提出兩項子議題，作為「都市化的驅動力與影響」議題未來研究課題：

（一）影響台灣都市化的因素與作用力為何？

從台灣都市發展脈絡與轉型的一般性及特殊性成因，探究各種影響都市化的因子，並比較分析其影響程度。研究分析面向可包括全球化、都市的連結與網絡、環境及能源科技與市場變遷、跨行政範圍與空間尺度的政策制度、台灣的低生育率所造成的人口結構變遷、鄉村萎縮等影響台灣都市化之作用力。

（二）都市系統受都市化的主要影響為何？

剖析台灣都市特性及其變遷，以瞭解產業型態、交通運輸模式、住宅形式等時空發展與動態變遷進程對都市空間結構之影響，以及都市發展與都市生態服務系統間存在之互動關聯特性。例如都市化過程對都市能源與資源消費使用之代謝作用影響，以及都市系統建構的社會、經濟、文化與制度等非實質環境對驅動都市化的影響等，這些研究主題均能幫助吾人辨識都市系統受外在都市化驅動力下之影響為何。

三、都市化對環境系統的影響

都市土地使用與地表覆蓋變遷之所以受都市擴張現象影響，乃是由於都市化等因素加劇人為、自然活動及社會過程等變化（Warren et al., 2011），使得都市地

區向外拓展至外圍農業用地、林地以及其他環境敏感地區 (Galster et al., 2001)，進而直接或間接影響各種環境因子與該地區原有生態系統。此外，都市化的過程伴隨快速的經濟發展、人口成長與城鄉蔓延等現象，對於地球三大維生系統：水資源 (water)、能源 (energy)、糧食 (food) 造成很大的壓力，也衝擊了三者間之鏈結 (Water-Energy-Food Nexus，簡稱WEF Nexus) 的平衡 (United Nations, 2014b)。

持續且快速的都市化現象促使建成環境擴張，其對於自然、生態環境所產生的破壞，以及對於自然資源造成的消耗持續惡化中，因此以永續發展為主要目標的空間規劃受到學界、實務界更普遍的重視，其中都市空間形態與功能對於環境系統的影響機制相關研究，是為解決地區、國家、乃至全球性環境議題的基礎工作。都市空間形態與功能常因人口數量與特質、經濟生產模式、社會文化等人為活動 (Turner et al., 2014)、交通運輸模式而有所改變，或互為因果；而都市空間形態的變化，可能對都市本身與周遭的環境系統產生影響，乃至於加重全球環境系統的惡化，如緊密都市空間形態偏向促成永續發展、與都市蔓延 (urban sprawl) 偏向降低永續的樣態。影響都市空間形成的因子，早期常就都市形成的自然與人為因素進行研究，而近年在永續發展概念下，永續都市空間形態與其形成的社經、政策因子等相關研究之重要性與關注性持續提昇，而且都市空間形態對環境系統影響的相關研究，常於不同空間尺度、主題地區進行，也因此相關概念、指標、與量化因情境變化而有不同考量。

都市化現象加速建成環境形成之外，由於都市地區成為經濟活動重心，都市成為消費與財富集中之處，且都市地區的生活方式 (life style)，會改變居民的需求與消費方式，進而影響都市對於各種資源與能源消耗型態。因都市地區人口集中且產業經濟活動強度高，都市生活型態高度仰賴交通網路系統作為內部及都市內外之間的人員與物資的運送，且高密度的商業與住宅建築物，造成高能源使用量與溫室氣體排放量 (Madlener and Sunak, 2011)。因之，都市的生活方式造成平均每人的能源使用量、食物與水的消耗量、廢棄物產生量等資源消耗指標都高於非都市地區，相較於非都市地區而言，都市地區的生活方式對於環境變遷造成相對嚴重的影響。

於全球環境變遷與都市化現象下，都市對環境系統的影響愈趨嚴重，而隨著都市化與環境變遷議題逐漸受重視，環境運動崛起並成為20世紀最受矚目的社會運動，填補了國家組織與企業部門在國家社會福祉上有所不足的部分。非政府組織 (NGO) 透過環境運動，以倡議和提供服務的方式，逐步深入民間，發揮對整體社會的導航力量，如同Castells (1983) 主張，都市社會運動是一種源於地方居民

的集體行動，目的是為了破除統領階級（dominant class）利益導向的都市價值，重新塑造新的都市意義以及人與地方之間的關係。相較於中央政府層級，都市層級的政府與民間社會有更多直接的接觸，如何善用民間社會力量、納入公民意見，藉以制定可行的環境政策，是都市邁向永續發展的重要力量。此外，都市內社會團體有其獨特的關係網絡與溝通模式，以協力的角度而言，如果能夠將其特殊性完整的呈現出來，剖析都市中的社會團體是如何傳遞訊息、動員民眾，地方政府也能夠更瞭解如何與民間社會的力量發展協力關係。

雖然都市化過程發生於都市範圍內，但由於都市系統中的人口成長、產業結構轉變、都市消費與飲食型態的轉變等因素，可能潛在影響距離都市核心遙遠之地區的社會、文化、經濟與生態功能，因此都市化造成的影響通常不僅侷限於都市界限內（Sánchez-Rodríguez et al., 2005）。都市及土地使用動態變遷的研究從傳統以地理位置為基礎（placed-based）的都市土地發展概念，取而代之的是強調以過程為基礎（process-based）的土地系統連續體概念（Seto et al., 2012），這些由都市化對遙遠地區所造成的影響與連結，即是「都市與土地遠距連接（urban land teleconnections）」，瞭解都市化過程的遠距連接現象，是研究環境變遷與都市化議題中相當重要的一環。國際間的研究已開始關注都市系統透過遠距連接對生物物理與社會系統所造成的區域與地方性衝擊，如IHDP的核心計畫都市化與全球變遷（UGEC），也將此議題列入為其科學計畫（science plan）的次議題之一。

1970年代起，台灣經濟快速發展，使產業結構由農業轉型為工商服務業，而因應產業發展之需求，人口遷移至都市地區，造成台灣人口呈現極化的分布。高密度的都市人口，引發對水資源、能源與糧食的需求，造成環境的負擔，並影響供給都市地區資源的遠距地區地表覆蓋與產業經濟環境。在台灣都市發展的早期階段，都市產業經常以生產製造業為主，甚至是能源密集的耗能性產業。然而，隨著台灣產業經濟及組成結構、產業規模、分布區位之變遷，某些都市（如台北市）之第三級產業（服務業）逐漸成為主要核心產業，反之，交通部門、商業部門以及住宅部門的能源消耗與排放量逐漸升高，是為影響都市能源消耗以及環境變遷的關鍵源頭，另有一些都市（如高雄市）則偏重於製造業（尤其是重工業）之發展，這些產業生產活動的能源消耗及排放量對於都市環境變遷有著舉足輕重的影響。

台灣過去都市化對環境系統影響的相關研究，多集中於都市土地使用與地表覆蓋變遷，並指出都市發展對於環境系統之負面衝擊（王思樺、張力方，2009），如熱島效應（孫振義等，2010）、都市災害（鄒克萬等，2010；張學聖、廖晉賢，2015）、都市健康與風險問題（蘇大成，2016；陳思穎、詹長權，2016）等。另相

關研究亦著重都市永續發展，建立永續指標或模擬不同都市空間尺度的永續性（黃書禮等，1997；詹士樑、吳書萍，2003），但是對於都市永續空間形態與都市功能間關係的研究較少，如都市產業結構、都市人口規模是否促成或降低都市空間形態的永續研究，而且缺乏跨越地理空間尺度的都市土地遠距連接概念。

因此，本文提出五項子議題，作為「都市化對環境系統的影響」議題之未來研究課題：

（一）都市土地使用與地表覆蓋變遷如何對台灣的環境系統產生影響？

從台灣都市化歷程及其特徵，分析不同規模或不同區域的都市之環境系統變遷，進而探討都市化對都市微氣候、生態系統服務量能、都市健康、農村環境與生活型態、水資源、能源與糧食之鏈結等不同面向之影響。

（二）都市空間形態與功能如何影響環境系統？

界定都市空間形態的定義及類型，進而從能源與水資源消耗、汙染產出、碳排、環境調適等面向，探討政府政策、市場力量（market forces）、公民社會環境意識與政府計畫如何影響永續都市空間形態的形成，以及不同都市空間發展形態對於環境系統之影響，進而提出永續的都市空間形態及其構成要素。

（三）台灣都市地區的生活方式與消費型態如何造成環境變遷？

探討都市糧食、商品及服務消費行為、居民所得水準與支配方式之時間變化趨勢、產業經濟發展型態及生產活動、新興商業模式（如電子商務及便利商店）之發展對都市地區生活方式，以及對不同區域及空間尺度環境系統（包括自然地區及農地）之衝擊。

（四）台灣社會力（如社會運動、NGO組織的倡議）對都市環境系統之經營管理的影響？

從台灣的都市環境正義運動的演進與發展過程，研究都市社會力量與公共環境意識形塑的因果關係，以及NGO或地方政府與民間社會的協力合作模式對執行氣候變遷調適策略或減緩策略的影響。

（五）都市化對都市系統造成的影響如何透過社會、生物物理的遠距連接過程，影響其他地區的環境系統？

根據遠距連接概念，台灣都市化之影響跨越地理空間尺度，研究課題包含都市化對台灣的土地使用與地表覆蓋及相關的環境變遷之影響、對遠距地區社會經濟系統之影響、對國外地區產生土地遠距連接效果、探究土地遠距連接的概念如何應用於都市永續發展議題等。

四、環境變遷對都市系統的影響

環境與都市系統間的是雙向的（bilateral）影響關係。全球環境變遷的現象也會廣泛地影響都市發展，並且經由不同的途徑影響都市系統，都市系統更受到都市相關的社會、經濟體系、政治、都市進程等各種力量所影響（Sánchez-Rodríguez et al., 2005）。氣候變遷衝擊帶來的不僅是環境議題，改變土地使用與地表覆蓋，更影響全球數億人口的糧食、水資源以及能源的生產、分配與使用（Bazilian et al., 2011），並使產業型態與聚落發展產生變化，導致都市生計（livelihood）遭受威脅。氣候變遷對於都市生計的影響可能衍生許多議題，例如氣候暖化對都市產業的生產製造、運輸、成本等面向的影響，而且產業更是都市維持運作與發展生計的重要項目。此外，都市所需之大量糧食與能源仰賴鄉村地區，又隨著氣候變遷影響愈趨顯著；都市內工商業發展受到極端氣候事件的風險與間接成本也增加。

近年隨著都市的迅速擴展，人為活動、都市建成環境與自然環境成為交互作用之系統，而人為活動影響建成環境與地表覆蓋。環境變遷對於都市建成環境的影響，依都市建成環境之面向，可概分為對土地使用、都市設計與運輸設施等之不同影響。關於環境變遷對土地使用的影響，如因海平面上升而退縮城市海岸線與重新配置沿岸土地使用，以森林復育計畫（Alvey, 2006）與環境保護計畫（Walmsler, 2013）減緩環境惡化的速度，或是以緊密都市及大眾運輸導向的土地使用模式，控制城市發展的規模，維護多樣生態的環境。關於環境變遷對都市設計的影響，例如以都市景觀及建築結構之改造，以及綠覆率之提升（Stone, 2005），可降低都市熱島效應並改善空氣品質。關於環境變遷對運輸設施的影響，如為減緩生物多樣性降低之現象而推廣大眾運輸；而環境變遷對都市建成環境影響之研究，包括不同環境變遷類別與都市建成環境改變之關係，及環境變遷對都市建成環境影響程度之分析。都市建成環境為一多面向之概念，含括人造環境中之都市設計、土地使用與運輸系統，其中，都市設計之面向又包含都市景觀、建築結構以及都市密度（Handy et al., 2002）。因此，環境變遷對台灣都市建成環境影響之研究，應包含多個面向，如環境變遷對於都市密度、建築結構、都市空間規劃配置之影響。

環境變遷對都市系統的影響跨越了全球、區域及地方等多重尺度，也影響了都市系統中各種資源的利用。支持都市運作的資源基礎，意即都市的生態系統服務（ecosystem service），係人類從自然生態系統中所得到的資源及益處，根據聯合國環境署於2005年所提出的千禧年生態系統評估（Millennium Ecosystem Assessment）之分類，生態系服務可分為四大類，包括：（1）支持服務

(supporting services)，如初級生產力(primary productivity)、養分循環、土壤形成；(2) 供給服務(provisioning services)，如食物、能源、飲用水的提供；(3) 調節服務(regulating services)，如氣候調節、抵抗侵蝕、逕流調節、水質淨化；(4) 文化服務(cultural services)，如景觀美質、教育遊憩、精神價值等。囿於實證資料蒐集之困難，研究都市生態系統服務大多著眼於單一項目之生態服務，在都市環境下所展現出的價值，並藉由觀察都市環境中的生態現象，以及人為因素對這些現象的干擾或影響，來驗證並建構相關的生態理論(Alberti, 2008)。由此可知，若要瞭解環境變遷對都市資源基礎的影響，就需要探討生態系統服務與都市環境不同面向的交互作用，也就是將都市視為一個社會—生態系統(socio-ecological system)。

台灣現今都市地區較少以一級產業作為都市的主要核心產業，然而都市地區因人口規模大，卻消耗了大量的糧食資源，十分仰賴鄉村地區的農漁業資源供給。在氣候變遷的影響下，氣溫升高影響農作產量與品質；降雨不均、強降雨事件發生或水資源供給困難時，更導致作物用水不足甚至直接破壞生長中的作物(行政院經濟建設委員會，2012)；而工商產業活動通常高度承受極端氣候事件的風險與直接、間接成本，氣候變遷衝擊直接影響都市及市民的生計。目前台灣社會對於氣候變遷議題的關注已逐漸普遍，相關都市災害因應措施之研究已有一定程度，如災害之調適策略(洪鴻智、盧禹廷，2015)、從空間規劃角度探討都市防災議題(陳亮全、陳海立，2007；詹士樑等，2009)、或災害管理政策(盧鏡臣等，2011)等。台灣對於都市災害之因應手段，以水災為例，多採取防洪設施興建為主，而近年來韌性城市(resilient city)理論之引入，使中央與地方政府對於氣候變遷造成都市地區之衝擊與影響，有不同政策概念。然而，台灣之氣候變遷因應機制或策略多移植歐美，如何適用於各地方並符合我國的政策體制，其中的落差與接軌仍應再檢視(盧鏡臣等，2015)。

因此，本文提出三項子議題，作為「環境變遷對都市系統的影響」議題的未來研究課題：

(一) 台灣都市產業與生計如何受環境變遷的影響，以及其主要過程為何？

氣候與環境變遷對都市經濟與產業的資產、運作、網絡產生之影響為何，而該影響如何改變都市的產業與生計、如何影響都市及其周邊地區的水資源、能源及糧食的供給與需求？另為了因應氣候變遷進行區域水資源、能源、糧食等資源供需配置與產業發展調整策略，將如何影響都市生計安全，以及如何形成都市系統的不同產業與產業發展潛力？

(二) 環境變遷如何影響台灣都市建成環境的形塑

研究環境變遷如何影響台灣各都市發展空間之區位、都市交通政策等之控管，並分析氣候變遷調適與減緩之效率導向政策與其他政策目標之衝突，進而提出因應環境變遷下，具減緩與調適功能之都市規劃與設計政策及工具。

(三) 環境變遷如何影響台灣都市系統所仰賴的資源基礎

釐清環境變遷與都市生態系服務之關聯，並評估台灣都市所仰賴之能源、水、空氣、及食物供給等維生系統與資源基礎，以及其與全球環境變遷的交互作用影響與影響程度為何，進而提出台灣的社會－生態系統治理與調適規劃，以及與韌性（resilience）、調適能力及變動能力之關係。

五、都市對環境變遷的因應與成效

目前國內因應氣候變遷策略是以減緩為主，但愈來愈多的證據顯示全球氣候變遷是無可避免的，因而全球各國除持續致力於溫室氣體減量之外，必須同時落實氣候變遷調適工作，降低自然生態與社會經濟系統的脆弱度（vulnerability），以面對氣候變遷的衝擊。氣候變遷可能造成的衝擊與議題具有高度的廣泛性及複雜性，因此相關的調適工作難以依循傳統思考模式尋求因應之道，必須跨越既有的框架，以互動性的新思維面對氣候變遷的衝擊。都市調適行動上，地方欲推動的氣候治理政策與措施，若無國家政府相關部門的支持，則可能有資源或效率不足的問題，但是現今積極的都市亦會先行於國家政府，透過由下而上的方式，影響國家的氣候治理政策（Corfee-Morlot et al., 2011）。然而，都市因應環境變遷上，科學研究與政策如何促成社會轉型以維持自然與社會的永續性？2014年國際社會科學學會（International Social Science Council，簡稱ISSC）在Belmont Forum提出 Transformations to Sustainability（T2S）計畫中強調「社會轉型」，包含社會轉型至永續性的治理、社會轉型至永續性的經濟與財務，以及生活品質、認同與社會文化價值之社會轉型至永續性。

當前都市面臨的氣候變遷挑戰已非單一都市足以回應，它更廣泛地涉及國際氣候協定的趨勢發展、各國中央政府的政策、區域性的治理協調、地方政府各部門間的整合、與私部門和第三部門的合作。而回應都市化與環境變遷的環境治理已展現出多元治理的樣貌；治理主體不再集中於國家，都市成為重要的治理單位，公共事

務的解決主體也漸由政府轉為公部門與私部門、第三部門的協力合作。各國城市政府逐漸跳脫以往上承下效的運作模式，躍居更為關鍵性的地位（Stoker, 1998）。都市的基礎資源為水資源、能源與糧食，三者之間的鏈結自Bonn2011年研討會、2013年世界商業議會到2015年聯合國提出水資源、能源與糧食之鏈結（WEF Nexus）分析架構，亦即透過系統觀點，檢視水資源、能源與糧食兩兩之間或三者間資源運用的取捨（trade-offs）（Leese and Meisch, 2015）。目前水資源、能源與糧食之鏈結在治理上面臨的挑戰是中央與地方政府之間的片段化、行政邊界與自然系統的不一致，以及部門之間的協調不足，又多是以國家為分析單位，故在區域、都會與地方尺度的研究仍未進一步探究。若欲將水資源、能源與糧食之鏈結應用於都市治理上，可分成兩個面向，一是水資源、能源與糧食之鏈結作為都市治理的分析工具，二是水資源、能源與糧食之鏈結受到都市治理的觀點影響之分析結果與運用方式。

都市對於環境變遷衝擊的回應，會依據都市系統受到環境衝擊的強度或是複雜度而採取不同的措施，而這些相關措施對環境變遷的意義與達成的成效，也相當值得深入探討。過去對於都市系統和環境系統間相互影響所累積的研究成果，讓我們更瞭解這兩個系統間在某些層面的交互作用，然而，為了對環境變遷有更全面性的瞭解，都市與環境之間的相互影響關係中，仍有許多層面需要詳加探究，如都市治理過程與制度對於環境變遷的調適與因應仍尚未發展成熟，特別是位在環境敏感與暴露程度較高的地區（Sánchez-Rodríguez et al., 2005），故檢視目前既有制度，據以分析在都市、區域與國家尺度下，制度面對於環境變遷因應之成效與欠缺之處，實有其必要性。都市系統對於環境變遷之因應措施，可以透過制度、政策、組織等途徑，其產生的成效或綜效（synergy），對都市系統皆有可能產生新的影響，也會反饋到環境系統，對環境變遷產生新的衝擊，因此瞭解這些環境變遷因應措施產生的變化規模與趨勢是相當重要的。

行政院國家發展委員會在2012年6月核定「氣候變遷調適政策綱領」，作為全國氣候變遷調適指導方針，而各地方政府也陸續提出各自的氣候變遷調適計畫，分別針對災害、基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源產業、農業與健康等八大領域提出相對應的行動方案。然而，台灣地方氣候變遷調適計畫之落實面臨相當大的挑戰，2011年起國家發展委員會推動地方氣候變遷調適計畫、2015年推動地方氣候變遷調適行動計畫，從地方調適推動過程發現，地方單位在執行上面臨基礎資料庫不足、經費與法令配套不足、跨部門整合困難等，而且未來如何將調適行動成果轉成地方治理，亦是一大難題。

因此，本文提出三項子議題，作為「都市對環境變遷的因應與成效」議題的未來研究課題：

(一) 在氣候變遷衝擊下，台灣都市系統的減緩與調適策略為何？

分析氣候變遷衝擊影響下，台灣不同都市地區脆弱度及韌性（或稱回復力）差異，並研析不同都市應選擇採取哪些氣候調適策略與行動方案，同時評估其效益。例如台灣都市財政制度與資源分配對因應氣候變遷策略成效之影響、台灣都市空間規劃體系因應氣候變遷衝擊的相關措施成效等。

(二) 台灣的都市治理及資源管理制度對環境變遷的因應與成效？

探討地方政府在能資源安全的思維下，如何推行跨部門合作，包含垂直與平行的協力治理。此外，可從部門分工與合作模式檢視政府環境組織的適用性與侷限、地方政府首長對於環境系統經營管理的影響，或從國內外都市氣候政策的因應模式、政策工具及發展趨勢，瞭解都市治理如何因應與成效。

(三) 都市系統其因應措施後成效如何減緩各種環境變遷的衝擊與強化都市韌性？

釐清台灣「都市系統」的定義與概念，探討台灣都市系統所包含之各個層面，進而思考台灣對於環境與氣候變遷的因應措施，並討論及評估台灣減緩與調適策略之整體共效（co-benefits）或綜效。

六、結 論

為有效整合研究議題與學術成果，學術研究應打破過去以個別計畫執行的模式。「未來地球」（Future Earth, 2013）提出都市平台（urban platform）概念，強調研究模式應結合研究者、政策制訂者與不同利害關係人（stakeholders）共同設計（co-design）研究議題、共同產出（co-produce）研究成果以及共享成果（co-deliver），不僅跨領域研究合作，更考量利害關係人的意見與參與，著重於共同研擬及規劃的過程，且將成果作為行動者、理論實踐、制度與網絡的知識分享與應用的基礎。而科技部自然司永續學門所推動之研究發展及推廣計畫，特別規定核心計畫總計畫可同時申請經費編列「科學推動計畫」，目的是促使整合型研究達到「共同設計、共同產出與共享成果」之計畫執行模式。故而藉由未來地球的計畫執行模式，與科技部計畫推動及補助，國內相關研究應加強學者與非學術領域人員之互動，促進相關研究的綜整與交流，並達到人才培育、國際接軌與合作計畫之目標。

都市化與環境變遷是全球性議題，國內學術研究以台灣地區為研究範圍，但研究深度應與國際接軌，始能瞭解國際最新的研究趨勢，並對應國內社會、經濟與政治發展，進而借鏡與應用於學術研究過程。另外，於相關議題研究之過程中，除了國內外學術研究的整合應用之外，應該考量國內發展趨勢、政策推動方向，讓研究內容更貼近台灣政策與現況，避免計畫執行後沒有政策產出，而被政府機關束諸高閣，故如何讓學術研究鏈結實際社經與政策環境，這是未來研究需要謹慎注意的。

參考文獻

- 王思樺、張力方，2009，都市周邊土地使用與地表覆蓋變遷—驅動力與環境變遷議題，都市與計劃，第 36 卷，第 4 期，頁 361-385。
- 行政院經濟建設委員會，2012，國家氣候變遷調適政策綱領，台北：行政院經濟建設委員會。
- 林裕彬，2014，永續學門（永續發展跨域整合研究組）研究發展及推動計畫（計畫編號：MOST 103-2621-M-002-001），台北市：科技部。
- 洪鴻智、盧禹廷，2015，沿海居民的氣候變遷與颱風災害調適，都市與計劃，第 42 卷，第 1 期，頁 87-108。
- 孫振義、林憲德、呂昱銘、劉正千、陳瑞鈴，2010，台南市地表溫度與地表覆蓋關係之研究，都市與計劃，第 37 卷，第 3 期，頁 369-391。
- 張學聖、廖晉賢，2015，與水共生的空間規劃途徑—以曾文溪流域為例，建築與規劃學報，第 16 卷，第 2/3 期，頁 183-200。
- 陳亮全、陳海立，2007，易致災都市空間發展之探討：以臺北盆地都市水災形成為例，都市與計劃，第 34 卷，第 3 期，頁 293-315。
- 陳思穎、詹長權，2016，大氣懸浮微粒對血壓和心臟血管功能的影響，台灣醫學，第 20 卷，第 4 期，頁 387-395。
- 黃書禮、翁瑞豪、陳子淳，1997，台北市永續發展指標系統之建立與評估，都市與計劃，第 24 卷，第 1 期，頁 23-42。
- 詹士樑、吳書萍，2003，永續性社區發展之系統模擬—以平等里社區為例，都市與計劃，第 30 卷，第 1 期，頁 63-86。
- 詹士樑、黃書禮、蕭婷允，2009，氣候變遷下都市防災空間規劃程序調整之研究，建築與規劃學報，第 10 卷，第 3 期，頁 183-200。

- 鄒克萬、郭幸福、柯佩婷，2010，都市土地使用變遷之自然環境效率—以永康市為例，都市與計劃，第 37 卷，第 1 期，頁 143-165。
- 盧鏡臣、周素卿、江尚書，2011，重大災害事件對媒體議題設定及政府決策之影響—基隆河流域河川整治的個案研究，地理學報，第 63 期，頁 89-113。
- 盧鏡臣、周素卿、廖昱凱，2015，落差與接軌？從國際發展看台灣的都市氣候治理與研究，都市與計劃，第 42 卷，第 1 期，頁 7-38。
- 蘇大成，2016，空氣汙染與心血管健康，台灣醫學，第 20 卷，第 4 期，頁 377-386。
- Alberti, M. ed., 2008, *Advances in Urban Ecology*, Seattle: Springer.
- Alvey, A., 2006, Promoting and Preserving Biodiversity in the Urban Forest, *Urban Forestry and Urban Greening*, 5(4), pp. 195-201.
- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R., and Yumkella, K. K., 2011, Considering the Energy, Water and Food Nexus: Towards an Integrated Modelling Approach, *Energy Policy*, 39(12), pp. 7896-7906.
- Castells, M., 1983, *The City and the Grass Roots*, Berkeley: University of California Press.
- Corfee-Morlot, J., I. Cochran, S. Hallegatte, and P. Teasdale, 2011, Multilevel Risk Governance and Urban Adaptation Policy, *Climatic Change* 104(1), pp. 169-197.
- Future Earth, 2013, *Future Earth Initial Design: Report of the Transition Team*, International Council for Science (ICSU), ISBN 978-0-930357-92-4, Paris.
- Future Earth, 2014, *Strategic Research Agenda 2014*, International Council for Science (ICSU), ISBN 978-0-930357-96-2, Paris.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, R. H., Coleman, S., and Freihage, J., 2001, Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept, *Housing Policy Debate*, 12(4), pp. 681-717.
- Handy, S. L., Boarnet, M. G., Ewing, R., and Killingsworth, R. E., 2002, How the Built Environment Affects Physical Activity: Views from Urban Planning, *American Journal of Preventive Medicine*, 23(2), pp. 64-73.
- Huang, S. -L., and Hsu, W. -L., 2003, Materials Flow Analysis and Emergy Evaluation of Taipei's Urban Construction, *Landscape and Urban Planning*, 63, pp. 61-74.
- International Energy Agency (IEA), 2008, *World Energy Outlook 2008*, OECD/IEA: Paris.

- IPCC, 2014a, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)], Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC, 2014b, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J. C. Minx (eds.)], Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Leese, M. and S. Meisch, 2015, *Securitising Sustainability? Questioning the 'Water, Energy and Food-Security Nexus'*, *Water Alternatives*, 8(1), pp. 695-709.
- Madlener, R. and Sunak, Y., 2011, *Impacts of Urbanization on Urban Structures and Energy Demand: What Can We Learn for Urban Energy Planning and Urbanization Management? Sustainable Cities and Society*, 1(1), pp. 45-53.
- Sánchez-Rodríguez, R., Seto, K. C., Simon, D., Solecki, W. D., Kraas, F., and Laumann, G., 2005, *Science Plan: Urbanization and Global Environmental Change*, IHDP Report No. 15. Bonn, Germany: IHDP.
- Seto, K. C. and Kaufmann, R. K., 2003, *Modeling the Drivers of Urban Land Use Change in the Pearl River Delta, China: Integrating Remote Sensing with Socioeconomic Data*, *Land Economics*, 79(1), pp. 106-121.
- Seto, K. C., Reenberg, A., Boone, C. G., Fragkias, M., Haase, D., Langanke, T., Marcotullio, P., Munroe, D. K., Olah, B., and Simon, D., 2012, *Urban Land Teleconnections and Sustainability*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(20), pp. 7687-7692.
- Stoker, G., 1998, *Governance as Theory: Five Propositions*, *International Social Science Journal*, 50(155), pp. 17-28.

- Stone, B. Jr., 2005, Urban Heat and Air Pollution: An Emerging Role for Planners in the Climate Change Debate, *Journal of the American Planning Association*, 71(1), pp. 13-25.
- Turner, K. G., Odgaard, M. V., Bøcher, P., Dalgaard, K. T., and Svenning, J-C., 2014, Bundling Ecosystem Services in Denmark: Trade-offs and Synergies in a Cultural Landscape, *Landscape and Urban Planning*, 125, pp. 89-104.
- UNCHS/HABITAT, 1994, *Population, Urbanization and Quality of Life*, New York, USA: United Nations.
- United Nations, 2000, *World Urbanization Prospects: The 1999 Revision*, New York, USA: United Nations.
- United Nations, 2014a, *World Urbanization Prospect: The 2014 Revision*, New York, USA: United Nations.
- United Nations, 2014b, *Conceptual Frameworks for Understanding the Water, Energy and Food Security Nexus*, Working Paper, <http://css.escwa.org.lb/SDPD/3581/WP1A.pdf>. [2016.12.28]
- Wamsler, C., 2013, Managing Risk: From the United Nations to Local-Level Realities-or Vice Versa, *Climate and Development*, 5(3), pp. 253-255.
- Warren, P. S., Ryan, R. L., Lerman, S. B., and Tooke, K. A., 2011, Social and Institutional Factors Associated with Land Use and Forest Conservation along Two Urban Gradients in Massachusetts, *Landscape and Urban Planning*, 102(2), pp. 82-92.