

# 連結理論、實務與都市研究的都市生態學

◎林業試驗所植物園組·范素璋 (swfan@tfri.gov.tw)

◎林業試驗所副所長·邱祈榮

## 越來越多的人生活在都市區域

全球的都市化運動在過去六十年間迅速發展。1950年全世界超過三分之二的人居住在農村，2007年全球都市人口超過了農村人口。到了2014年世界人口的54%居住在城市地區(圖1)。全球都市化展望(United Nations 2014)預計全球都市化運動將持續，2050年時，人口將達到三分之二分布於城市，剛好與二十世紀中期全球城鄉人口分布相反。1980年時臺灣50.2%人口(約766萬人)集中於面積僅1.914平方公里(占總面積5.3%)的都市地區。2005年底時總人口2,277萬人，有69.4%聚居在面積僅占16.9%的都會區，以臺北基隆都會區665萬人為第一大都會，高雄276萬人居次，顯示臺灣都市化趨勢明顯。都市生態系儼然成為服務地球居民的最大主體。然而，長年以來生態研究總聚焦於自然環境區域，對於都市生態系鮮少探討。

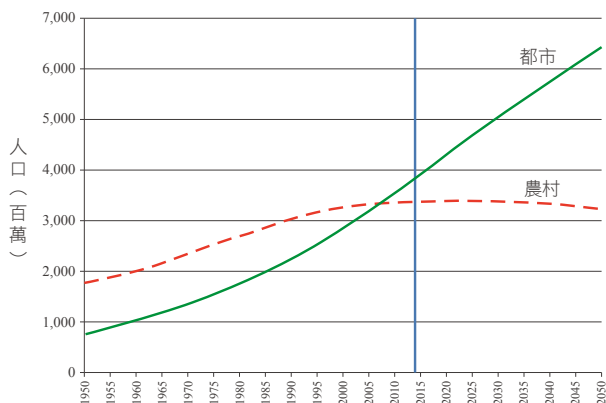


圖1 全球都市與農村人口變動的趨勢。(取自聯合國全球都市化展望 2014)

## 都市生態學是因應氣候變遷，提升城市抵禦能力的重點

城市面對來自人口增長越來越多的挑戰，如：基礎設施快速開發、人口特徵不斷變化、社會不平及污染等。大規模的建設擾動了以往均衡的系統，影響原有生態系服務，加上氣候變遷和極端事件的威脅，如乾旱、災難性風暴和高溫熱浪等，降低都市生態系確保人類生存的防禦能力<sup>1</sup>(resilience)。除了各自產生的議題，事件之間彼此以複雜方式且劇烈地相互作用，加劇影響城市系統。城市的建設被視為防範災害的重要防線；然而，城市基礎建設正在老化，難以保護都市人口，尤其是發達的地區。因此尋求越來越多的綠色基礎建設，以滿足城市氣溫降低、水分涵養、安全飲水供應及人類健康改善等需求。

都市生態學是一個迅速發展且涵蓋多學科和實際應用的領域。其多重理論、觀念架構及研究方式被認為是精進都市生態研究的最佳途徑，將充分的社會、生態、經濟和基礎建設等之系統關係資訊，提供從市長到社區活動者、投資者到企業領導者等人，瞭解各子系統之相互作用如何牽動整個系統動態，以支持城市朝永續發展<sup>2</sup>(sustainability)途徑轉變，期能維持防禦能力，保護城市生物多樣性，促進全球都市化下之人類福祉。

## 都市生態學的進展

都市生態學大約是1920年代由社會學家開始發展。為人類生態學(human ecology)的一

支，定義為「研究人們跟都市環境的關係」。起初是社會學家使用競爭、入侵、優勢度及演替等生態學觀念，來研究城市的社會及地理空間組織。然而，生態學家卻比較喜歡研究「沒有人類的自然環境」，認為城市乃一個受損的生態系統，不具科學研究的價值。直到1940年代，有一些歐洲的植物、動物學家開始以生態的方式，對戰後的城市進行動植物調查(Kowarik 1995)。但並沒有改變多數生態學者認為城市不是好的研究樣地之主流認知。

近二十年來，由於全球都市化快速，強調非均衡(non-equilibrium)和區塊動態(patch dynamics)的生態觀念及興起環境永續發展倡議。生態學家對城市地區的興趣上升(Sukopp 2008, Wu 2014)，以致都市生態學在研究和實務兩方面迅速發展並擴大。1997年在美國國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)的支持下，推出馬里蘭州的巴爾的摩(BES)和亞利桑那州的鳳凰城(CAP)兩個美國長期生態研究站(LTER site)，可說是最早、大型且有系統的都市生態研究之一，成立至今已出版1,000多篇文章，培訓130多名學生研習都市生態學。

都市生態研究由利用傳統生態調查來瞭解城市生物多樣性，轉變成與多學科整合，尤其是與人文社會科學結合，不再排除人類於生態系外，更強調人類社會因子與生態學之間的交互作用。都市生態學發展了許多方法概念，包括社會生態學、人類生態系統架構、流域研究、景觀生態學和階層區塊動態等(Cadenasso et al. 2006, McDonnell et al. 2011, Wu 2014, Niemelä 2014)，已經成功地將社會和生態科學結合在一起，形成社會生態系統。城市正經歷變化，從密集到擴張，又因過度擴張而發生萎

縮及土地荒廢。然而，城市規劃、政策和工程經常忽視都市生態學強調的社會、生態和技術關聯。都市生態學者不僅僅該為城市決策者提供生態背景資料，更該思考灰色及綠色的基礎建設需要，與建設工作中的工程師、設計師、建築師、規劃師和工業生態學家<sup>3</sup>(industrial ecologist)合作，了解灰色及綠色城市基礎建設如何連結生態，因應城市抵禦環境衰退與極端氣候的挑戰，滿足城市居民的需求。

## 巴爾的摩生態系研究

美國國家科學基金會設立26個長期生態研究，巴爾的摩生態系研究(Baltimore Ecosystem Study, BES)是其中之一。於1997年由卡利生態系研究所結合巴爾的摩馬里蘭大學都市環境研究與教育中心(CUERE)、農業森林部及公園與人基金會共同成立(圖2)。卡利研究所負責聘用全職人員，進行計畫行政管理，CUERE則投入水文、空間資料、工程、地質及生物研究人力進行研究發展，同時並開設都市生態學位學程及各種相關訓練課程，以招募學生培養都市生態學人才。農業部林業署北方研究站則進行水體、社會、土壤及地景方面之研究。有關於社區推廣、與民間決策者及利益關係團體的合作則交由公園與人基金會負責。生態系研究機構下還設有一個辦公室負責與縣市、州政府溝通形成合作夥伴，資料管理委員會負責研究資料彙集、交換及流通申請等工作，教育指導委員負責審查由學校、社區及非營利性組織所提出的教育推廣計畫，計畫管理委員會則負責計畫審查並召開三次特定議題之學科或跨學科會議及一次年會。指導委員會每年

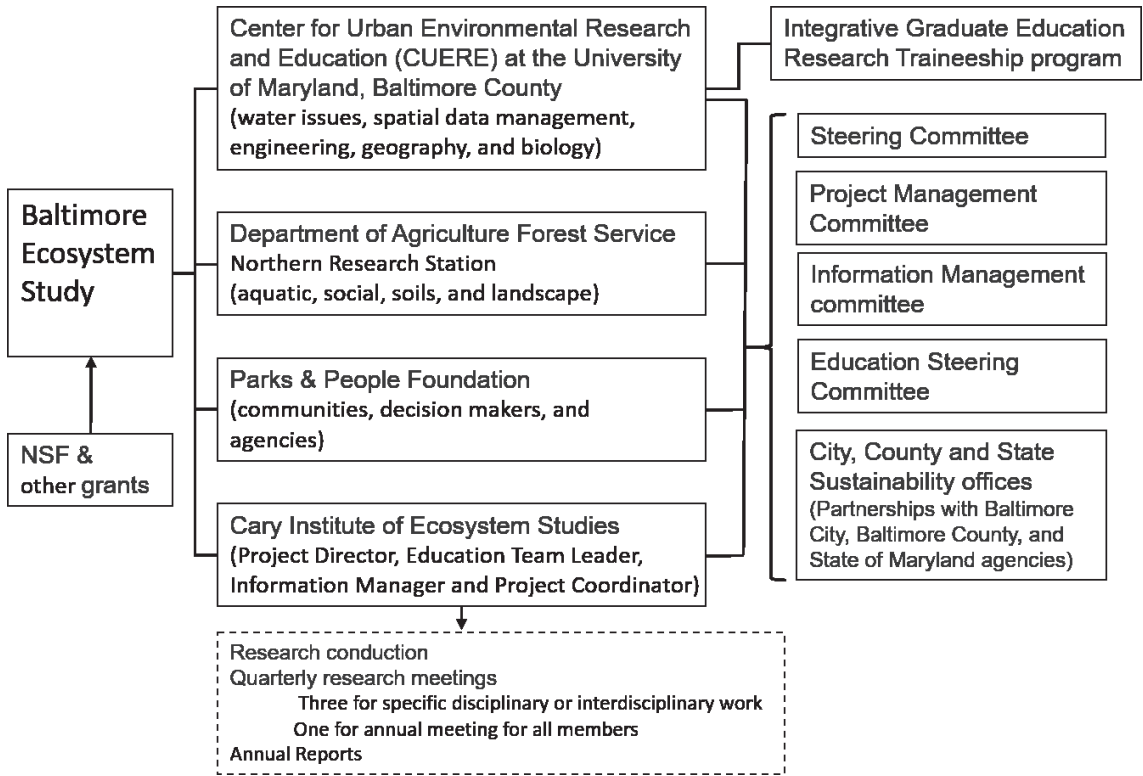


圖2 巴爾的摩生態系研究組織架構。

至少開會一次以討論訂立年度的研究目標，各項生態研究工作實際由受委託或取得其他研究補助之研究人員進行。

巴爾的摩生態研究前兩階段(1997~2010)的三個根本問題為：(1)在城市中感興趣的系統如何放在一起，如何隨時間而變化？(2)系統如何與物質和能量流動相互作用與影響？(3)這些知識造成了什麼差異？主要的研究議題歸納為三大項目(Box 1)，追蹤了解都市各種因子的空間結構及能量流動情形，並進行知識交流、人才培育與應用。為了因應都市生態學朝向跨學科發展，必須緊密結合社會經濟和生物物理科學以探索新的模式和資料

整合，改善城市專業和政策制定者的聯繫，2011年始，巴爾的摩生態系研究進入第三階段(BES III)，主要議題為「生物物理和社會適應性過程如何影響和反應巴爾的摩地區的永續發展強化政策？」，以提出城市氣候變遷調適和永續發展的新見解。都市生態研究必須超越社會生態概念框架，採用社會-生態-技術系統(social-ecological-technical systems, SETS)架構，在巴爾的摩，凡涉及綠化、路邊排水坑道安裝、衛生污水管道改善、街道清掃頻度的增加、空地植栽種植等計畫須融合許多學科和單位的觀點。將生態學家、永續發展城市辦公室、公共工程部、交通工程師、社區活動家，

Box 1 巴爾的摩生態系研究前二階段的三大議題

1. 城市裡社會經濟、生態與物理因子的空間結構彼此的關係，以及他們的時間變化
  - 定量巴爾的摩的生物、建地及社會區塊結構
  - 區塊變化文件化
  - 發覺生物的變動
  - 調查土壤異質性及定量重金屬
  - 運作氣象網絡
  - 比較巴爾的摩與其他城市的梯度及空間格局
  - 生態-社會關係模式及試驗檢定
2. 城市系統中的能源、物質、資本與人口的通量(流動)，以及他們的長期變化
  - 建立人口及社會過程的文件
  - 量化河川通量、化學及關鍵生物
  - 測量極端風暴的水流量及洪水量
  - 測量河岸區域的植群過程和氮通量
  - 測量對應上游區塊的生物化學的存庫及通量
  - 利用通量塔技術，量化地表與大氣間的氣象交換
  - 模擬集水區間的大氣、水文及社會-經濟通量
3. 如何發展及使用城市生態系統的知識，來改善環境的品質及減少對於下游、空氣及水源的污染
  - 發展或參與正式或非正式的教育活動
  - 分析生態知識庫和她在不同社會範疇的應用
  - 與不同階層的政府機構交流，藉以交換生態知識與資訊
  - 與社會，社群及非政府組織交流強化生態的理解
  - 設計社會及教育的評估以決定生態知識的角色改變
  - 執行與利益關係人關切事務的媒合模式
  - 管理資訊以加強資料與知識在研究群、機構、社群及個人間的流動
  - 參與集水區的復原活動及評估
  - 提供生態研究的實習機會給予二度教育、大學生及研究生和教育工作者

以及社會環境相關非政府組織的努力結合起來，以改善雨水管理，減輕城市熱島效應、減少水污染和升溫、增強社區凝聚力，提升人類福祉。

### 亞利桑那中部鳳凰城長期生態研究

同(1997)年亞利桑那州立大學朱利安維格利全球永續研究所成立鳳凰城長期生態研究(Central Arizona-Phoenix Long-Term Ecological

Research, CAP LTER)，辦公室在亞利桑那州立大學中，設有總主持一名及五位計畫管理人，各司資訊、教育、實驗室、計畫統合及樣地基本生態調查等管理工作，還包含技術人員、各項研究群、相關研究機構及合作夥伴(圖3)。

鳳凰城長期生態研究在設立後，核心研究問題在於回答「都市化的模式和過程如何改變城市及其周邊環境的生態環境?這些發展的生態後果如何反饋到社會系統而產生未

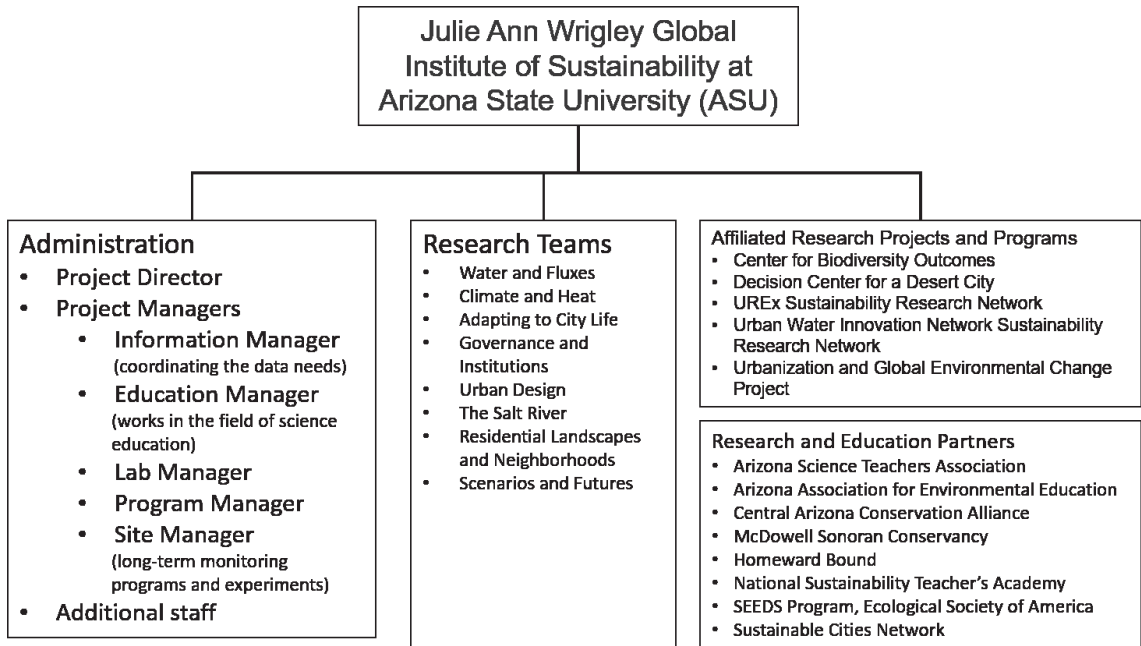


圖3 亞利桑那中部鳳凰城長期生態研究組織架構。

來的變化？」。此問題強調不斷變化及擴張的都會區生態與人類領域間的相互作用。在6,400公頃的區域中，有系統的規劃了所謂的長期監測與試驗(Long-term monitoring and experiments)核心工作，其中Survey 200即亞利桑那中部生態調查，規劃了橫跨沙漠、農村及核心都市區域約200個30 × 30 m樣區，進行所有植物的鑑定，植株大小測量、土壤物力化學性質、昆蟲掃網取樣調查、攝影建檔，以及目視測量樣地的特性等，每五年進行一次調查，作為長期環境監測項目，目前已經累積四次調查資料。由於Survey 200樣區地建立，研究計畫中地棲節肢動物及鳥類監測也採用了相同的樣區及調查間隔。社會經濟因子，在都市長期生態研究更受重視，如：鳳凰城地區社會調查(Phoenix Area Social Survey, PASS)，也配合

Survey 200生態調查的取樣方式，並出動300多位訪談人員走入街坊鄰里，以家庭為單位進行抽查，以了解不同地區的居民對於環境議題的認知覺察、街坊的舒適與不舒適、社會資本及對於前庭後院的偏好等。

在歷經了10多年的監測與都市生態學研究發展，圖4說明鳳凰城長期生態研究也邁入了第四階段(CAP IV)，就如前述般將重點放在城市基礎建設，進行跨學科測試與合作開發，以作為系統的生物物理和人力/社會組成部分之間的橋樑，將都市生態學推向解決都市問題的應用科學。

## 結語

本文快速回顧都市生態學的發展，透過介紹都市長期生態研究的組織架構及運作方



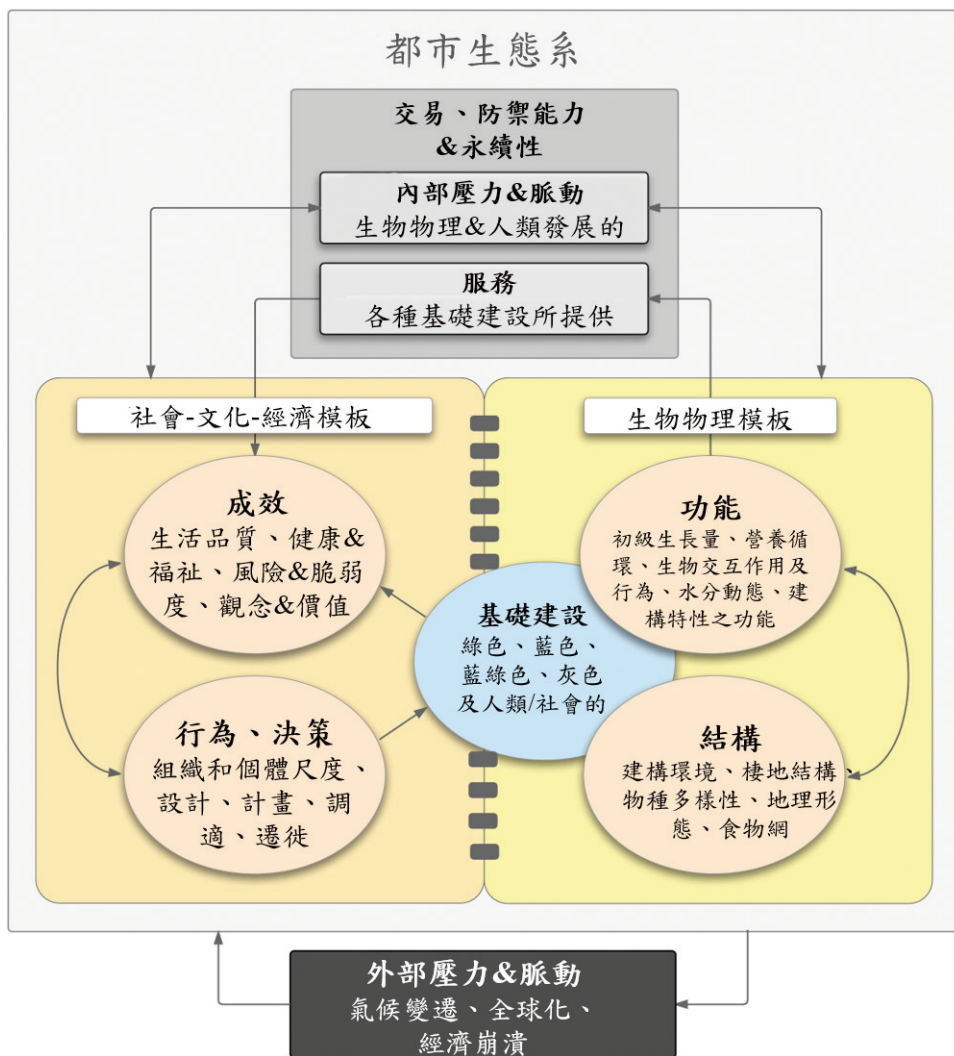


圖4 鳳凰城長期生態研究第四階段之概念模型。(取自CAP LTER網站)

式，探討都市生態學的研究範疇。我們發現都市生態學由城市生物的觀察調查，結合社會經濟研究，正推向基礎建設實作試驗，努力將生態理論轉化為應用。藉由都市生態學的歷史了解及對於美國都市生態研究組織的探索，我們希望能對臺灣城市長期生態研究的未來發展有所助益。♻️

- <sup>1</sup> 防禦能力/彈性(resilience)為系統吸收壓力，並繼續發展和改變而不損失基本結構、功能、身份和反饋的能力。
- <sup>2</sup> 永續發展(sustainability)為確保現在和未來的經濟、環境和人類福祉平衡的延續過程。
- <sup>3</sup> 工業生態學(industrial ecology)是一門研究工業系統中物質和能量流動的科學。工業生態學家通常關注於工業活動對環境的影響、地球的自然資源供給情形，以及廢棄物處理等問題。