

放眼
天下



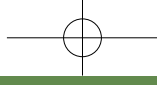
圖 / 大山影像

美國都市長期生態研究

巴爾的摩團隊介紹

文、圖 | 陳芬蕙 | 農委會林業試驗所育林組特聘研究員

由美國國家科學基金會支持的長期生態研究，有兩處是屬於都市長期生態研究站，分別是巴爾的摩生態系統研究與中亞歷桑納－鳳凰城長期生態研究。本文就巴爾的摩生態系統研究團隊的起源、研究重點、組織及幾個試驗地進行介紹。



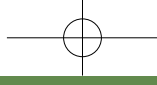
由於地球上大部分的人都住在大都會地區，原本只觀察自然界的生態學者，逐漸發現瞭解都市的生態越來越重要，也就是把一個都市地區當作一個獨特的生態系，進而了解它的運作方式。由美國國家科學基金會支持的長期生態研究，其中只有兩處是屬於都市長期生態研究站，分別是巴爾的摩生態系統研究（Baltimore Ecosystem Study, BES）與中亞歷桑納—鳳凰城長期生態研究（Central Arizona-Phoenix LTER）。筆者於2017年5月前往巴爾的摩都市長期生態研究站進行參訪與交流，希望更了解美國在都市林生態的研究現況與成果，學習當地研究團隊間合作的經驗，進而建立臺灣未來都市林生態研究的整體方向。以下就巴爾的摩生態系統研究團隊的起源、研究重點、組織及幾個試驗地進行介紹。

巴爾的摩生態系研究

巴爾的摩位於美國東岸馬里蘭州內，該地的巴爾的摩生態系統研究團隊成立多年，研究區域包括巴爾的摩市中心與周圍的郊區（照片1）。巴爾的摩生態系研究是屬於一個長期生態研究計畫，源自於1997年美國國家科學基金會（National Science Foundation, NSF）的經費支持，是美國國家科學基金會在全國各地設立的26個長期生態研究計畫之一。由於生態過程的改變往往要經過很長的時間，因此科學家需要蒐集分析長時間的資料，才能了解到這些改變。美國長期生態研究站（LTER site）分布在全國各地各種不同的自然環境中，從極地、針葉林、落葉林、海岸、草原到沙漠都有，因為這些都是生態學家和政策決策者感興趣之處。



照片1、巴爾的摩市中心（右上角）與其周圍的郊區。



而巴爾的摩生態系統研究則是著重在都市與其附近區域的動態及小區域生態系的研究，可說是最早、大型且有系統的城市生態研究的代表，這些正是一般傳統生態學家很少關心的部分。美國現在約有3/4的人口住在大都會地區，因此生態學家體認到了解都市及其近郊的重要性。而其實世界其他國家也正面臨越來越多人移居城市的情形，所以生態學家把大都會區當成一個生態系統，包括都市、郊區及外圍的鄉村，希望了解都市及其附近的問題，例如建築物與柏油路、人類活動、都市創造的新環境等是如何影響其生物與環境，以及人類如何做決定等，因為這些關係都會影響我們居住、工作與休閒所在地的環境品質。為了達到上述目標，生態學家就必須要跨出傳統研究的框架，設法與其他更了解人類的研究人員合作。

巴爾的摩生態系統研究團隊成立的多年中，研究區域包括巴爾的摩市中心與周圍的郊區。

研究的內容除了生態學家常觀察的土壤、陸地與水系中的動植物、水質、空氣等，還包括民眾與民眾的活動，因此還需加入社會學、物理學與教育方面學者的參與，如此才能了解整個大都會地區的生態系，因為這些因子和民眾生活、工作與休閒的環境品質息息相關。而這些研究計畫必須是長期的，因為過去的情況會影響我們現在正在經歷的環境，我們現在正在做的事情也會影響未來的環境，這些資訊將可幫助個人、家庭、組織以及政府部門做出正確的決定，進而利用這些資料來預測未來的土地利用型態、社會結構、生態過程等。

巴爾的摩地區還有一特殊現象，就是這幾年來人口密度與分布的改變，過去工業革命後當地人口逐年增加，為了容納這些人，市中心迅速蓋了許多聯排式住宅（row house）供民眾居住，但後來經濟蕭條人口外移，1950年代人口數達到最高峰（接近95萬人），之後逐



照片2、巴爾的摩市中心常常可見聯排式住宅（row house），其中有許多被遺棄的空屋。

漸下降，一直到最近幾年人口下降數才開始趨緩，人口剩下約62萬，因此造成市區裡許多空屋（照片2）。這些長期被遺棄的空屋對附近的環境及治安會帶來不好的影響，如何活化這些老房子已成為重要的課題，因此巴爾的摩生態系統研究團隊也開始針對這些遺棄空屋進行一些計畫，例如研究如何重新利用舊屋內的木材、房屋拆除後空地的綠化等等。

巴爾的摩生態系統研究團隊包括林務署等聯邦單位、巴爾的摩市政府、學校、與民間機構，透過年會、電子報等溝通與資料分享（圖1），各單位各自有其不同的專長與重點項目，但各團員間充分分工合作，發揮團隊最大的功能。此外，資料的分享整合十分重要，因此Cary生態系統研究所有專門負責所有團隊資料整理的人員，而且資料在團隊裡可以互相分享。

Cary生態系統研究所 （Cary Institute of Ecosystem Studies）

Cary生態系統研究所可說是巴爾的摩生態系統研究團隊裡最重要的單位之一，現任研究團隊的負責人（director）Emma Rosi便是來自

Cary生態系統研究所的生態學家。Cary研究所成立於1983年，是一個非營利獨立研究與教育機構，最重要的目標是生態系知識的創造、宣傳與應用，也就是累積有關生態系及其對人類重要性相關的嚴謹知識。他們認為這些知識的累積要透過科學研究、教學、寫作與展示方式的宣導，然後應用到自然資源生態管理決策的參與，才能提高人們了解生態對人類福祉的重要性。

這個組織共有20多位研究人員，以及負責行政、推廣教育與交流的其他人員。主要的研究領域包括：淡水水域健康、傳染性疾病、都市生態、入侵種、氣候變遷、生物地球化學與推廣教育，如此才能了解生態系的結構與功能，提供解決環境問題所需要的科學知識，加強學生、決策者及一般大眾的生態認識，還有很重要的是要訓練下一代的生態學家及資源管理者。

美國林務署北方工作站 巴爾的摩野外站 （The U.S. Forest Service, Northern Research Station, Baltimore Field Station）

北方工作站是美國林務署全國5個工作站之一，負責美國東北及中西部20州的林業管理與相關研究。巴爾的摩野外站是其中一個站，位於馬里蘭大學巴爾的摩分校的校園中，與該校的都市環境研究與教育中心合作密切，同時也是BES的重要組成團隊之一。巴爾的摩野外站致力於讓都市地區變為更適合居住的地方，並且減緩都市活動對相鄰的起沙比克海灣（Chesapeake bay）所造成的衝擊（照片3）。

除此之外，都市林調查（Urban Forest Inventories, Urban FIA）也是該野外站的重要工作之一，都市林調查全美目前有25個城

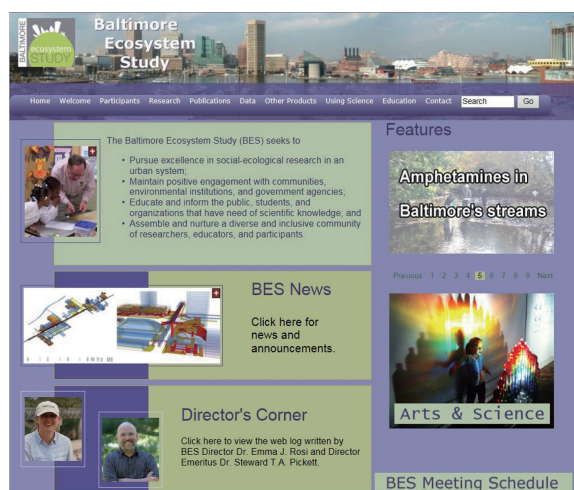
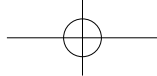


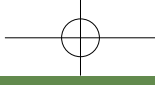
圖1、巴爾的摩生態系統研究的網站提供許多訊息，也是團隊間溝通分享的主要管道之一。資料來源：www.besiter.org



照片3、巴爾的摩與起沙比克海灣（Chesapeake bay）相鄰，是美國面積最大的河口灣。灣區附近的都市活動容易對該地區的自然環境造成衝擊。



圖2、美國林務署參與都市林森林調查之城市。（修改自www.fs.fed.usresearchurbanfia.php）



市參與，但之後會有超過100個城市陸續加入（圖2）。都市林調查是結合傳統森林調查的基礎，再配合上都市林生態系服務效益評估系統（i-Tree）提供的資訊，如此不但可以取得都市中樹木與森林的現況資料，還可知道這些林木提供的生態服務與健康情形，同時也可提供它們未來的病蟲害危險評估等等。

巴爾的摩生態系研究各試驗地

本次筆者參訪了巴爾的摩生態系統研究團隊的3個試驗地，環境從森林較多的郊區到以建築物為主的市中心。

一、Gwynns瀑布 / Leakin公園森林區 (Gwynns Falls / Leakin Park forested areas)

Gwynns瀑布 / Leakin公園是美國第二大的林地公園，面積接近500公頃，該公園沿著Gwynns瀑布和其支流分布，位在巴爾的摩市中心西邊的都會區，四周被城市包圍著，是巴

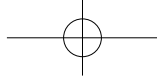
爾的摩居民重要的休閒活動公園。這裡也是巴爾的摩生態系研究團隊6個調查項目較為完整的BES永久樣區之一，自從1998年設立至今。BES永久樣區調查項目很多，長期監測通常集中在一個40公尺×40公尺的小區中，會盡量設在較為自然的區域，監測項目包括土壤濕度、溫度、土壤溶液化學、土壤釋放氣體等，以及植被（結構與組成）取樣調查（照片4）。Leakin公園設有兩處長期監測小區。

二、野花研究 (Wildflower study)

巴爾的摩由於人口下降後，遺棄空屋數量漸增，這些長期被遺棄的空屋拆除後往往成為髒亂之地，如何重新綠化這些空地，是當地重要的話題。此野花研究計畫目標就是將這些雜草叢生或滿布垃圾的空地轉化為吸引人的綠地，同時可以帶入自然之美、生物多樣性到該社區，達到改善當地生活環境的目的（照片5）。尤其是這樣的土壤長年受到重壓及含有人類活動留下來的汙染物質，往往不適合植物生長，因此需要一些相關研究來克服這些困難。



照片4、植被調查之植物綁上帶子以做為標示（左）；巴爾的摩生態系研究Leakin公園永久樣區。研究人員解說長期監測小區中用於觀察土壤濕度之時域反射儀（Time Domain Reflectometer, TD）（右）。



照片5、被遺棄的聯排式住宅空屋，中間為拆除後未進行綠化的空地（上）；房屋拆除後空地的野花研究計畫，獲得社區好評（下左）；透過定期的植物調查，可以了解野生草種與野花與入侵雜草的適應情形（下右）。

研究人員的活動包括加上圍籬，清除雜草覆蓋處，種植混和的野生草種與野花，監測環境生態等。希望能夠降低入侵雜草的發生，提高花粉傳播動物的活動，改善土壤品質，增加生長季花朵的顏色及種類。執行幾年下來，附近的民眾大都很滿意這樣的改變，喜歡到野花研究試驗地來參觀。

三、集水區263計畫 (Watershed 263 project)

此大型計畫位於巴爾的摩的市區，希望透過一系列多面向的活動來改善市區的環境，提高

市區的生活品質，最重要的是能透過都市林來改善水質。這些活動包括種樹、綠化空地來減少垃圾、創造生物過濾系統、街道清潔、改善公園、校園綠化，增加資源回收率等，這次主要參觀的是其中有關都市排水與生物過濾系統的一個試驗。

都市中由於設計好的排水系統，雨水大多由排水系統流出，無法滲入地下補充地下水，因此都市中的地下水位都偏低，往往造成植物根部無法吸收到地下水，而造成植物乾死，植物無法長太大。但若能透過設計，讓都市排水管

能滲出水到附近土壤裡，而不是全部排走，那這些離地面不遠的水分，將可成為樹木根部水分的吸收來源，也可減少暴雨後的排水量。另外，也可利用都市畸零地種植樹木以攔截大雨後過多的水，減緩水流速度，這小面積的綠地不但可以減少大雨過後的排水壓力，這些植物也可提供其他包括淨化空氣等生態服務。所以生態學家應該與工程人員密切配合，否則優良的工法不見得符合自然，生態學家可以協助工程人員設計出符合生態的都市排水系統。

結論與建議

傳統的生態學研究往往忽略人與人類活動對環境造成的影響，然而這卻與我們生活的環境息息相關。巴爾的摩生態系統研究團隊多年來資料與經驗的累積，團隊成員間的分工合作與資料分享模式，非常值得學習。尤其現在人口逐漸往城市移動，都市長期生態研究顯得日亦重要。本次透過巴爾的摩都市長期生態研究站的參訪與交流，了解美國在都市林生態的研究現況與成果，提早為臺灣也將面臨一樣的問題做準備。



照片6、巴爾的摩改善都市水質的集水區263研究計畫一角，利用畸零地種植樹木攔截大雨後過多的水。


一、儘速成立臺灣都市林長期生態研究團隊

應整合中央與地方機關、大學、社團等有興趣的人員與資源，儘速成立臺灣都市林長期生態研究團隊，可以由人口數最多的大臺北都會區開始做起，進而建立臺灣未來都市林生態研究的整體方向。

二、加強國際合作，邀請外國學者來臺參與研究

對於都市發展過程中所面臨的生態問題，美國已有數十年的研究經驗，因此可加強與巴爾的摩及鳳凰城長期生態團隊交流。加強國際合作不但可以增加研究人員與各國學者的交流，提升國際觀，並且透過合作或討論，激盪出新的想法，減少閉門造車的錯誤，常常是研究突破性進展的捷徑，亦可提升臺灣在國際上的知名度。

三、都市林需要各領域學者加強合作

有關都市林的研究除了涉及生態學家熟悉的生物學，還包含許多生態學家不熟悉的領域，而唯有整合這些領域，才能有效了解都市林，發揮其最大功能。例如生態學家應該與工程學家密切配合，才能設計出最適合且兼顧人類生活與自然生態的排水系統。而社會學者的加入，才能了解人類的活動、需求與想法，才能做出正確的決策。教育學家的參與才能適時讓大眾了解科學的研究結果，推廣正確的理念給民眾。 

【謝誌】

感謝國家科學技術發展基金管理會提供經費，感謝巴爾的摩系研究團隊行程上的協助，特此致謝。