

森林動態樣區之設置與調查

文／圖 ■ 孫義方 ■ 國立東華大學自然資源與環境學系教授

一、前言

森林動態樣區 (Forest Dynamics Plot, FDP) 是研究森林動態變化的主要方法之一。自 1980 年至今，全球共有 23 個國家先後設立了 40 多個森林動態樣區。現今已有超過 8,500 百種、300 萬棵的樹木在熱帶森林科學中心的研究網監測之下。臺灣現在有福山 (25 公頃)、蓮華池 (25 公頃)、南仁山 (6 公頃)、墾丁 (10 公頃) 及人倫 (12 公頃) 等樣區加入熱帶森林科學中心的研究網。

二、森林動態樣區緣起

傳統的森林研究多半注重植群的分類及物種組成，是偏向靜態的森林類型描述。這類的研究通常利用小面積樣區進行短期或單次調查，對單一或少數物種進行描述，或以這些物種做為森林林型分類依據。儘管這些調查提供了重要的森林群落資訊，但對於生態學關心的群落格局及物種共存機制的解答與驗證，卻無法提供重要的數據及資料。

森林動態樣區 (Forest Dynamics Plot, FDP) 的發展最早應回溯到 1970 年代，當時第一個森林動態樣區催生者 Stephen P. Hubbell 博士正在哥斯大黎加進行無刺蜂研究。在研究過程中，他發現無刺蜂蜂巢的分布與樹木的種

類、大小及位置有很大關係。為了徹底瞭解無刺蜂的族群動態，他進一步調查了哥斯大黎加一處占地 4 公頃的森林，將該森林的樹木大小及位置都詳細記錄下來，以瞭解無刺蜂蜂巢的分布位置。Hubbell 博士在無刺蜂的研究中，不但體會到植物分布對無刺蜂的族群動態有重要影響，同時也發現樹木分布格局及空間資訊在生態學研究的重要性，因此啟發了新的森林動態研究方法與方向。

在美國史密森熱帶研究所 (Smithsonian Tropical Research Institute, STRI) 的支持下，Hubbell 博士與植物分類學家 Robin Forster 博士於 1980 年在巴拿馬的 Barro Colorado Island (BCI) 設立了第一個 50 公頃的森林動態樣區。接下來，在馬來西亞森林研究所 (Forest Research Institute Malaysia, FRIM) 的支持合作下，Hubbell 博士與哈佛大學教授 Peter Ashton 博士於 1985 年在馬來半島的帕索森林保護區 (Pasoh Forest Reserve) 設立了亞洲第一個 50 公頃森林動態樣區。當初選擇 Pasoh 的主要原因是希望在亞洲找到一個與 BCI 具有相似緯度，相似氣候與環境條件的樣區，以便在相似基礎上比較新、舊熱帶森林的動態變化。

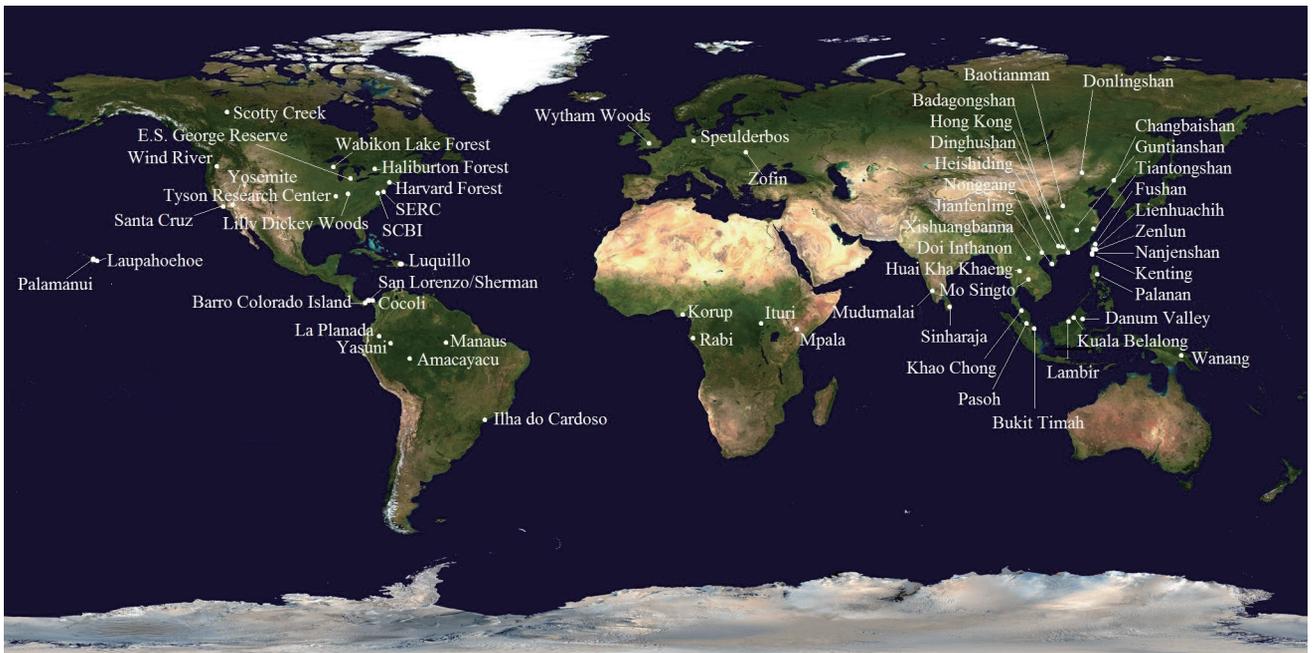
繼 Pasoh 之後，Hubbell 博士與 Ashton 博士又與印度科學院合作，於 1988 年在印度南

部的幕度馬賴 (Mudumalai) 設立了 50 公頃樣區。Hubbell 博士也於 1989 年造訪臺灣，在臺灣大學謝長富老師的支持下，我們於臺灣恆春半島的南仁山設立了一個 3 公頃的森林動態樣區，這是臺灣第一個，也是全球第四個依 BCI 的研究方法設置的樣區。鑑於森林動態樣區越來越多，為能有效管理、推動及維持研究品質，Hubbell 博士又努力於 1992 年促成了熱帶森林科學中心 (Center for Tropical Forest Science, CTFS) 的成立。這個機構隸屬於史密森熱帶研究所的管轄之下，成立目的在統籌所有森林動態樣區事宜，包括經費籌措、新樣區設置、樣區複查、資料處理及教育訓練等。熱帶森林科學中心成立時，是以熱帶雨林為主要研究對象，所設置的樣區均位於熱帶或亞熱帶，不過由於森林動態樣區的成功，吸引許多

國家或研究單位加入，樣區的分布早已由熱帶跨越至溫帶地區，到 2013 年為止，已在全世界的 23 個國家設立了 40 多個森林動態樣區，現今已有超過 8,500 百種、300 多萬棵的樹木在該中心的研究網監測之下。

三、森林動態樣區的研究方法

森林動態樣區設置的基本方法很簡單，就是樣區內每棵胸徑大於或等於 1 公分的木本植物通通調查，調查時記錄種類、大小及位置，此後樣區每五年複查一次。這個完整而詳實的植物每木調查提供了許多詳細的森林資訊，此外，許多相關研究，如土壤、氣候、孔隙分布、繁殖物候學、種子分布等，也可以同時在樣區內開展。森林動態樣區不但提供了森林動態的資訊，同時也建立了一個研究平台，作為生態



▲熱帶森林科學中心 (CTFS) 全球分佈圖

學不同領域研究的共同基礎。這些以森林動態樣區為主的研究資料，開啟了許多新的生態學研究方向。雖然森林動態樣區的樣區尺度較以往的傳統樣區大，但設置方法卻很簡單，以下即針對設立的幾個基本原則稍加解釋。

（一）樣區的選定

1. 樣區所在位置是否為保護區？能否保障長期的研究（至少五十年）不被干擾或破壞？一個具有完整的保護制度和公權執行力的樣區是設置森林動態樣區的最基本考量。

2. 是否為較完整的森林生態體系？換句話說，生存在其中的其他生物相是否完整？如果只有植物尚完整，而其他生物，如傳粉者或種子傳播者都已消失，則不但對森林動態的研究有很大的影響，也會影響其他研究者加入的意願。

3. 是否有設備齊全的研究站？設備齊全的研究站可以提供研究人員野外所需的各種支援，對長期、繁重的野外工作十分重要，樣區若有設備齊全的研究站，將可大大鼓勵其他研究人員進駐。

4. 選定的地點是否具代表性？雖然樣區設立的目的並不在回答植被類型這類的問題，但是能否找到典型的植物社會來代表整個的棲息地仍是十分重要的，因此選擇樣區時仍應考慮植被及棲息地是否具代表性。

（二）樣區大小的決定

許多人詢問 Dr. Hubbell 為什麼樣區要 50

公頃，更大或更小不行嗎？他解釋 50 公頃不是什麼神奇的數字，它的由來僅僅是因為當初設立 BCI 樣區時，對人力、資源和可用森林面積所做的考慮及妥協而來。他認為樣區的大小，應視該森林物種的豐富度而定，其次再考慮當地地形及森林總面積。物種豐富度高的森林需要增加面積來涵括大量物種及提高稀有物種的取樣數，例如熱帶雨林物種多樣性極高，每個物種的個體數相對就少，若是樣區面積太小，將無法取得足夠物種及個體數，許多稀有樹種將被忽略。在這些多樣性高的熱帶雨林，50 公頃還嫌有點小，但是對物種較簡單的森林，例如溫帶或亞熱帶森林，25 公頃可能就已足夠。

（三）樣區設置與植物調查

樣區設置時是以經緯儀（全站儀）打點，將樣區劃設成許多個 20x20 公尺的樣區，再把每個 20x20 公尺樣區分成 16 個 5x5 公尺的小樣區，每個樣區的端點都打上不鏽鋼鋼管做為樁點，並標上座標位置。以福山 25 公頃樣區為例，當初工作人員克服各種地形及天候的困難，花了一年的時間才把 25 公頃樣區劃設成 625 個 20x20 公尺的樣區。植物調查在 5x5 公尺小樣區內進行，調查工作包括胸高直徑測量、掛鋁牌、繪製分布圖、鑑定物種及採集標本。胸高直徑的測量，使用標準的胸徑尺，以避免再一次換算可能造成的差錯，另外，每株的測量位置均塗上顏色鮮明的油漆，避免下次複查時量錯位置。每株胸徑等於或大於 1 公分的木本植物都綁上鋁牌，每個鋁牌

都有獨特編號，絕不重複以利身份辨識。每株上標的植物都會繪入小樣區圖中，並轉換成該樹的座標位置。物種鑑定則根據調查時所採集的標本，標本至少採兩份，一份儲存於標本館中，另一份儲存於研究站內，以利將來查詢。

（四）為什麼需要記錄每一棵植物的位置

記錄每棵植物位置是為了獲得植物空間分布的資料，由每棵植物的座標位置可以畫出該種植物在樣區內的分布圖，可得知不同樹種的分布格局，更可以探討物種分布與棲息地或環境因子間的關係。事實上，森林動態樣區提供的樹種空間資料，直接促成現在許多探討植物分布與棲息地關係的研究，也推動了空間生態學（Spatial Ecology）的進步。此外，空間分布資料更可與植物族群遺傳資料結合，回答有關植物親緣、花粉或種子傳播距離的問題。而植物為固著性生物，有了每棵樹的空間座標後，就可以計算與鄰居的距離，進而探討競爭或密度制約對植物生長及存活的影响。如果調查時沒有記錄每棵植物的位置，是無法回答這些問題的。

（五）資料處理、管理與分析

動態樣區非常強調資料的正確性，除了現地查核外，資料採雙輸入，以減少人為疏失。熱帶森林科學中心發展出一套輸入軟體及資料庫系統，可以比對、查核輸入的資料並將資料標準化，同時也致力於提升各個樣區

間的資料分析能力。該中心於 2001-2005 及 2009-2014 年間，舉行了一連串的資料分析研討會（CTFS Analytical Workshops），這一系列的研討會不但將資料格式統一化，也將許多基本分析所需程式標準化，並免費供各樣區研究人員下載及使用。這個資料及分析程式的標準化使得跨區比較更形容易，也促成許多跨區比較的研究報告出現，這是熱帶森林科學中心與其他類似研究網的最大不同之一。

四、森林動態樣區與森林動態研究

前面提過，傳統的森林研究多為短期（1-2 年）、小面積（1 公頃）或是只考慮單一物種。然而森林動態受到各種環境及生物因子的影響，再加上植物壽命很長，短時間的觀察研究難以窺其全貌；而小面積取樣往往造成研究物種的樣本數目太少，無法真正代表一個森林的變化。森林動態樣區的設計彌補了傳統方法的不足，強調大面積、長期且詳細的追蹤及研究，並以驗證森林動態及生態學的學說為主要目的，以瞭解影響森林動態變化的各種因子。這些含有空間及時間變化的資料，雖然看似簡單，但為現今許多生態學學說提供了強而有力的證據，例如密度制約效應（density-dependent effects）對種子、小苗存活及森林動態的影響；孔隙對森林樹種多樣性維持的重要性；種子產量及分布對樹種更新之影響等。此外，也因為這些含空間及時間變化的資料，許多新學說因此發展出來，例如中性理論（neutral theory）的提出。

森林動態樣區的研究在森林經營及保育方面也有顯著貢獻。例如 2014 年年初發表在知名「自然」期刊的一篇論文，即使用全球十幾個動態樣區的資料，追蹤樣區內數百種樹木的生長，發現大樹的固碳能力遠高於較小的樹。這個發現與以前的認知不同，讓我們瞭解不該砍大樹來種小樹，這對全球的造林與林業經營政策將有深遠影響。另一個例子是森林動態樣區的研究結果，改變了我們對森林「消長及演替」的看法。長久以來植物學家都認為植物社會經過干擾如火災或颱風形成孔隙後，植物種類會循著一定順序，輪流出現，演替晚期的種類會取代先驅物種，最後達到極盛相。但是森林動態樣區的研究發現，森林的動態變化與組成是沒有方向性的，主要取決於機會、演化歷史及生物間交互作用的共同影響。如果沒有森林動態樣區大面積及長時間的資料，要找到強而有力的證據支持「非平衡學派」的理論將非常困難。

五、結語

森林動態樣區的設置在臺灣已進行超過二十年，樣區數由一個擴充到十個以上，幾個大型樣區的設置，如福山、蓮華池、人倫等，大大提高了臺灣森林研究的能量。臺灣的森林動態樣區是全世界少數由林業單位支持的樣區。林務局這些年來為臺灣森林動態樣區提供了極多的資源與支持，很感謝林務局有這樣的眼光與胸襟，支持動態樣區的研究。森林動態樣區及其資料是全民的資產，我們非常歡迎大家一起來參與動態樣區的研究，更鼓勵新血加入以確保森林動態樣區的永續經營及發展。🌿

