臺灣森林資源調查成果產出圖資簡介

吳俊奇[1]

前言

森林是臺灣的命脈，占有全島土地面積近六成的比例，除林木本身經濟價值外，對於國土保安、水源涵養、育樂遊憩以及生物多樣性的維護，均扮演重要角色。此外，森林的生長能固定大氣中二氧化碳，達到減緩溫室氣體之效應，並可提供保護功能，協助我們抵抗氣候變遷導致各類災害之衝擊。對於森林資源的調查與監測，為國際社會共同關注的議題，已開發的先進國家為執行巴黎協定所訂「減少毀林與森林退化所導致的碳排放及森林永續管理」(REDD+)機制，紛紛投入資源與經費，協助那些有毀林問題的國家，建立其森林資源調查及監測系統；在全球尺度而言，聯合國糧農組織每5年定期發布「全球森林資源評估報告(FRA)」，世界資源研究所、Google公司與聯合國環境署合作開發的全球森林觀察(Global Forest Watch, GFW)，均說明森林資源監測及資訊揭露的重要性。

臺灣森林資源調查體系的演進

臺灣的森林資源調查已有久遠的歷史，我國森林法第3條揭櫫森林以國有為原則，以往的森林資源調查均由國家所主導，可分成：「事業區檢訂調查」、「全國森林資源調查」及「森林永久樣區調查」等3類別，其發展的時間背景、調查目的、尺度等均有所不同，以下將進一步介紹：

(一) 事業區檢訂調查

事業區檢訂調查是以編定事業區經營計畫為目的所做的調查，因此是在事業區經營的尺度上，對林況、地況作鉅細靡遺的調查，收集編定計畫所需之資訊。事業區檢訂調查是承襲自日治時期的森林經營制度，日本殖民政府為有效利用臺灣的森林資源，自1910年起即展開大規模的林野調查，並於1925年開展森林計畫事業，自此開始即以事業區為單元，展開10年為一期的森林經營計畫，並於期末實施事業區檢訂，作為編定下期經營計畫之基礎，戰後國民政府接管後仍延續此一制度。至民國82年因應組織架構調整，將檢訂調查移交林區管理處辦理，民國90年起林業政策轉以保育為重，農委會公告廢止「國有林經營計畫綱要」，改以林區為單元撰寫森林生態系經營計畫，惟檢訂調查仍維持以事業區的尺度，無法與經營計畫時程銜接，因此自民國98年展開第四次全國森林資源調查後，事業區檢訂調查便告中止。

(二) 全國森林資源調查

全國森林資源調查是以獲取全國森林資源資訊為目的之調查系統，其資訊包含森林分布的面積、蓄積、碳儲存量、管理與利用情形、變化趨勢等，尺度應涵蓋全國的森林範圍。臺灣迄今總共實施過四次全國性森林資源調查，第一次是在臺灣光復初期的民國43年至

[1] 行政院農業委員會林務局

45年間，主要產出成果為全省5萬分之一比例尺之土地利用圖，其中森林面積為1,969,500公頃，約占全島面積55.08%。第二次調查於民國61年至66年間辦理，完成2萬5千分之一比例尺的土地利用(林型)圖，結果得知當時森林面積為1,819,100公頃，占全島面積之50.85%。第三次資源調查於民國78年至82年間展開，該次調查納入野生動物調查及森林遊樂資源的調查，以滿足森林多元經營目標的需求，調查結果全島森林面積增加至210萬公頃，森林覆蓋率達58.5%。第四次森林資源調查於97年至103年實施，本次調查在林型圖繪製部分已採用農航所數值航空照片，地面解析度最高達25公分，配合照片樣點與地面樣區的雙重取樣方式，建立主要林型之空中材積式，調查結果臺灣森林面積為219.7萬公頃，森林覆蓋率61.7%。

(三) 森林永久樣區調查

過去的全國森林資源調查、事業區檢訂調查均為一次性的調查，未能直接獲得森林生長量資訊，民國86年林務局啟動森林永久樣區的設置與調查，依林型及海拔等條件於國有林事業區設置森林永久樣區，每五年複查一次，以獲取樣區的蓄積生長資訊，平均每事業區約設置80~100個永久樣區，惟由於其設置方式非系統取樣，容易受人為主觀影響，且部分樣區分布過於集中，易造成統計上的偏差，因此在第四次全國森林資源調查後，即篩選較具代表性之永久樣區，與系統樣區進行整併複查。

(四) 調查體系整併與更新

森林調查成果僅能反映調查當時現況，若無適當複查規劃，其資料將隨時間而漸與真實狀況脫節，使應用價值大為縮減，因此第四次全國森林資源調查目的之一，即為建立長期性的森林調查監測體系，將過往森林資源調查體系予以整併。以往全國性森林資源調查係以專案性質辦理，間隔動輒達15年以上，其資訊更新已不符合現代社會的需求，爰後續參考FAO及各主要國家之作法，以5年為一輪完成全國森林資訊的調查更新及資訊揭露，相關工作可分成兩大類別:

1. 林型及土地覆蓋型圖之更新：
   林務局持續針對〈森林法施行細則〉第三條所定義的林地範圍，包含國有林事業區、保安林、試(實)驗用林地及山坡地之林業用地等區域，配合農航所新航照影像之攝取，進行前後期差異性比對，更新林型及土地覆蓋型圖資，目前這項工作由林務局所屬八個林區管理處及農航所，於ArcGIS 伺服器平台所開發的立體數化環境下，同步展開更新作業，預計於5年完成一輪全國林地的圖資更新。至於林地以外的竹木覆蓋區域，例如農地造林或廢耕農地上自然生長的森林，則引用內政部國土現況利用調查成果，轉製成林務局森林資源調查的分類系統。
2. 系統樣區及永久樣區整併實施複查：
   考量樣區代表性與調查成本，將全國森林資源調查之系統樣區與森林永久樣區進行整併，採以系統樣區為主，永久樣區為輔的策略，篩選後續維持複查的樣區計2,330個，定期辦理樣區調(複查)，以獲取林分的生長資訊。

成果圖資產製及應用

林務局於2015年發表第四次森林資源調查之成果(林務局，2015)，並公開於該局網站上，然而其成果非僅有森林資源的量化數據，包含調查產出的原始資料，以及處理過的中繼資料，均可視為成果之一部分，林務局已陸續展開更新複查工作，在時間尺度上持續累積資料，提供林業或生態領域研究之大數據庫，以下將就森林資源調查所產出的圖資進行介紹:

(一) 地面樣區調查資料

第四次森林資源調查採系統取樣方式，國有林事業區內之樣區以3 × 3公里網格取樣，事業區外林地則加密至1.5 × 1.5公里，總計於國有林事業區內設置調查1,602個樣區，事業區外林地為2,046個樣區，記錄項目除樣區座標位置與海拔、地形、坡向、土壤厚度、地被等地況資訊外，樣區內胸徑大於6公分以上的活存林木須逐一記錄其樹種、胸徑、高度、樹冠狀態、枝下高、健康狀態以及相對位置，此外，枯立木及倒木亦一併調查。這些系統樣區總共記錄有163,458株樣木，可進一步分析樹種別與林型別之株數密度、胸徑斷面積、蓄積、碳儲存量等資訊，或是依海拔或其他地況條件推估樹種的分布潛勢及生態區位。目前林務局已將森林永久樣區與系統樣區進行整併，持續辦理複查，其中有523個樣區係最早從民國86年起第一輪設置迄今持續複查者，累積有4輪計20年之生長量調查，另外有423個永久樣區累積3輪計15年之調查，並已應用上開資料建立12種主要林型之生長與枯死模式(王兆桓，2013)。

(二) 航照樣點判釋資料

第四次森林資源調查採用雙重系統取樣方式，第一層為地面樣區的設置調查，獲取蓄積地真資料，第二層採用0.5 × 0.5公里網格的系統取樣，運用航測原理以立體像片對量測林分之樹高、冠幅與鬱閉度等三項航測參數，結合地面樣區獲取的蓄積地真資料，建立其關係式(即為空中材積式)，推算各航照樣點之單位面積蓄積及碳儲存量，此方法能將地面樣區3 × 3公里的空間解析度加密為0.5 × 0.5公里網格，更能精細描繪出林型蓄積的空間分布。

(三) 林型及土地覆蓋型圖

林型或土地利用型圖的繪製，為森林面積及蓄積的估算基礎，第四次森林資源調查所產製之林型及土地覆蓋型圖，第一層分類係參考聯合國政府間氣候變遷特別委員會(IPCC)所訂定的溫室氣體清冊指南「農業、森林與其他土地利用」(Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU)，分成「森林」、「農田」、「定居地」、「草原」、「濕地」、「其他土地」等六大類別；第二層分類則是依據森林經營管理需要再細分，其中森林依其針葉樹種、闊葉樹種、竹類組成比例，分成針葉樹林型、針闊葉樹混淆林、闊葉樹林型、竹林、竹闊混淆林、竹針混淆林、竹針闊混淆林等林型。除了林型分類以外，再進一步以判釋其主、次要優勢樹種與所占百分比，並參考FAO的全球森林資源評估報告，依其經營使用狀況分為「原生林」、「經改造天然林(即次生林)」、「半天然林」、「生產性人工林」、「保護性人工林」5類，林型與土地

覆蓋型圖之屬性類別如下表1所示。在國有林事業區內因有航照樣點量測資料，故可用GIS方式計算各林分多邊形的蓄積、碳儲存量等資訊，配合既有事業區、林班之區劃，將國有林事業區之林型土地覆蓋型圖進行林小班編號，即等同過去事業區檢訂所得之林小班圖與調查簿，可作為森林經營計畫之林況基礎資訊(圖1)。

目前已依農航所航攝影像更新，以圖幅為單元針對林型及土地覆蓋型圖進行編修，掌握森林分布變化的情形，每一筆判釋之森林變遷資料都有記錄其影像日期、變異類別、變異原因等，可獲知森林增加、森林減少之區位資訊(圖2)，或製作土地覆蓋型變遷的變異面積矩陣。

表1 林型及土地覆蓋型屬性分類

土地覆蓋型分類		經營使用分類 （第一層分類屬林地時需填列）
第一層分類	第二層分類	
林地FL	01針葉樹林型 02闊葉樹林型 03針闊葉樹混淆林 04竹林 05竹闊混淆林 06竹針混淆林 07竹針闊混淆林 08待成林地	a、原生林（Primary forests）： 指沒有明顯的人類活動跡象及生態過程未受重大干擾且由當地原生樹種所組成的森林。 b、經改造天然林（Modified natural forests）： 指有明顯人類活動或干擾後，由當地原生樹種自然更新的森林，即次生林。 c、半天然林（Semi–natural forests）： 指以人工方法輔助林分天然更新達到精緻與集約化經營的森林；其更新係由當地原生樹種以天然下種、播種、栽植、或萌蘖等輔助性再生方式建造。 d、生產性人工林（Productive forest plantations）： 指以林木或其它非林木生產價值為目的，經由引進種（有時為原生樹種） 種植或播種所營造之森林。 e、保護性人工林（Protective forest plantations）： 以提供森林公益功能為目的，經由引進種或原生種而種植、播種所營造之森林。
農田CL	21稻作 22茶園 23果樹 24檳榔 25其他農作地	
草地GL	31灌木林 32天然草生地 33箭竹地 34牧草地	
濕地WL	41人工濕地(漁塭、水庫、水池) 42天然濕地(河床、溪流、湖泊) 43紅樹林	
定居地SL	51道路 52墓地 53工礦開採區 54農林業附帶設施 55其他建物	
其他土地OL	61裸露地 62其他	

(四) 林地地籍圖

第四次森林資源調查已依據內政部提供數值地籍圖，建立林地地籍資訊，以〈森林法施行細則〉第三條所定義的林地範圍為基礎，掌握國、公、私有林等不同林地屬性資料，臺灣全島林地面積約有199.3萬公頃，國有林約佔92.8%，可再依管理機關之不同，區分林務局、國有財產署、原住民族委員會、試驗用林地及大專院校實驗林地等，林地地籍圖可與林型土地利用型圖、原保地圖、租地圖等進行套疊分析，獲得更細緻的林產業經營管理及土地利用資訊。林務局目前於內

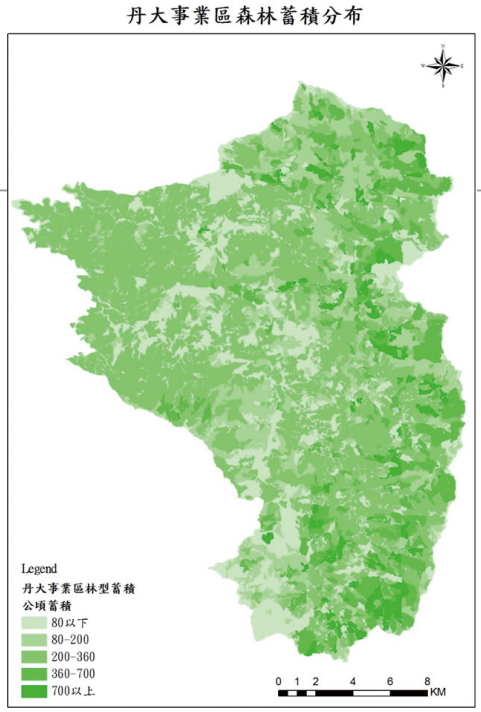

圖1 以丹大事業區為例，製作森林蓄積之分布圖，顏色越深表示單位蓄積越高。

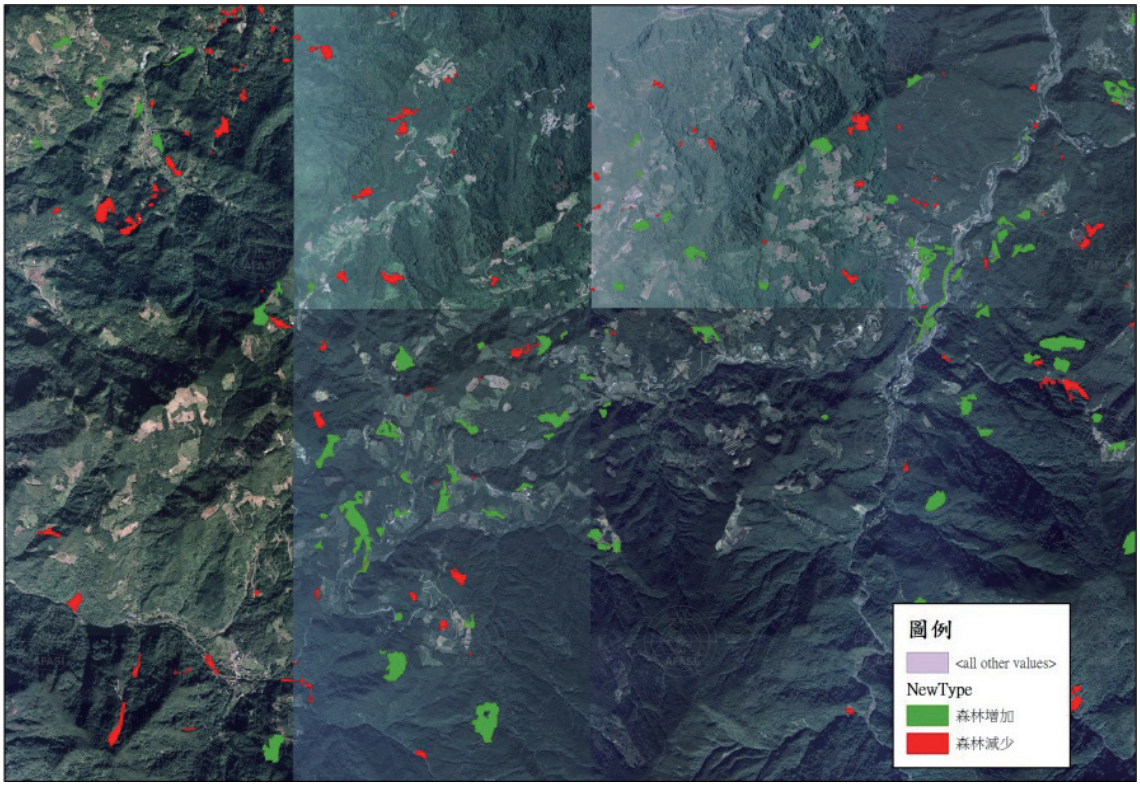

圖2 透過前後期航照比對，可記錄森林變遷(森林增加或森林減少)的區位。

政部國土測繪中心之數值地籍圖整合供應機制下，可逐年取得新的數值地籍圖，持續辦理林地地籍圖更新。

(五)野生動物調查資料

第四次森林資源調查項目包含野生動物調查，調查方式除由調查隊員於外業行進間針對沿途發現之野生動物個體、排遺、足印、爪痕、窩巢等蹤跡，予以照相並填列紀錄表外，另外採用定點錄音調查方式，於宿營時尋覓適當地點架設錄音筆，以錄取周遭野生動物鳴叫聲音，並記錄所在地座標及錄音的時間，前述錄音資料攜回後，經專家監聽辨識，可獲取野生動物分布之資訊。以沿線記錄方法，陸域脊椎動物共累積1,651筆29種動物出現記錄，包括11種哺乳類、12種鳥類、6種蛇類；而錄音調查總計有260個錄音檔案，總錄音長度有5,689小時，經委託專家辨識後，總計獲得153種動物出現記錄，27,621筆鳴叫聲音紀錄，包括蛙類18種、哺乳類11種、鳥類123種以及疣尾蝎虎1種(圖3)，總計記錄44種保育類動物出現資訊，這些調查紀錄絕大部分是在偏遠的國有林班地，為過往研究調查計畫沒有涵蓋的地方，可增加全國動物分布資料庫的覆蓋度與完整度。林務局已將上開野生動物調查成果併同第四次森林資源調查成果報告，發佈於林務局網站上供外界參考，而調查之原始資料，包含動物鳴叫錄音檔案、出現遺痕記錄等，都附帶時間日期、座標點位之資訊，未來隨著資料的累積，可針對個別物種探討其分布潛勢、出現季節、棲地資訊分析等，因原始資料檔案龐大，如有研究需要可以專案方式向林務局申請。

結語

森林是臺灣陸地最大的生態體系，孕育著豐富的生物多樣性，也是最大的碳匯(Carbon Sink)所在，森林資源的掌握與監測為世界各國所重視，臺灣以往在森林資源調查監測技術與航遙測應用上，已累積有相當的基礎，也建立國家之森林調查監測體系，透過定期持續性的複查更新，除可縮短國家森林資訊發佈之間隔時程，更可在時間尺度上不斷地擴充森林的數據庫，供林業相關研究所應用。

(參考文獻請逕洽作者吳俊奇，email: chunchi@forest.gov.tw)

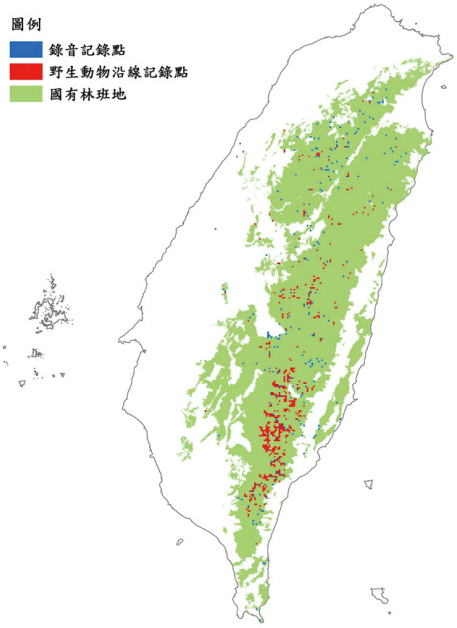

圖3 野生動物調查錄音及沿線記錄點位圖。