

森林生態系 服務面面觀

邱祈榮、林俊成

台灣的森林經營主軸已邁入多元化，目前國有森林不以林木供給服務價值為主，而著重於碳吸存調節服務價值及遊樂服務價值。

森林是陸域重要生態系的一環，以往人們直覺認為森林只是提供木材給人類使用，但隨著時代進步及環境意識的覺醒，發現森林不但孕育豐富的動植物，也是水的故鄉，更能提供遊憩與休閒的樂趣。因此，人們對於森林的認知不再只是提供木材，更要從生態系的觀點了解森林能對社會大眾提供哪些服務。

事實上，一個健全的生態系經由複雜的運作，提供多元的產品及服務，可對人類社會與環境帶來諸多效益：提供食物、調節氣候、維護生物多樣性等。這些效益不論是直接或間接，有形或無形，廣義上稱為「生態系服務」。



樹木透過生長茁壯、自然更新，讓林地得以生生不息時。（圖片來源：種子發）

生態系服務的分類

分析過去的文獻發現，在探討生態系統服務時，常把生態系功能、生態系服務或生態系服務功能夾雜混用。寇斯坦札（Costanza）等人在 1997 年發表於《自然》期刊上〈世界生態系統服務和自然資產價值〉的文章中，把生態系功能定義為「生態系所能提供的棲地、生物

人們對於森林的認知不再只是提供木材，
更要從生態系的觀點了解森林能對社會大眾提供哪些服務。



生態系統功能與服務間的關聯。本圖呈現了生態系本體的運作過程、產生功能、提供服務，以及對社會發揮效益價值的次序關係。

上的特質或是其過程」，對生態系服務的定義則是「人類從這些功能中所得到的效益」。總結就是：生態系功能是由生態系特有的運作或過程所產生的功能，服務則是生態系功能對人類所帶來的效益。

例如：濕地可減緩表面水體的移動，進而減緩潛在的洪水威脅，也就是「濕地具有可調節水量，減緩表面水體流動的功能」，因此濕地生態系應有「調節水文循環」的功能。而濕地生態系因具有這種功能，可以帶給人類在「防洪」上的效益，這可視為濕地生態系提供「水調節」的服務。

就整體生態系而言，自然資產是一個儲存系統，例如森林生態系中的林木蓄積量，就屬於「存量」或「總量」。樹木透過生長茁壯、自然更新，讓林地得以生生不息，提高了林木蓄積量。但若未把林木移出使用，則無林木產品產出，這時雖然自然資產的總量增加，但沒有產生服務價值。一旦林木移出成為木材或其他形式的產品，就可形成「供給木材原料服務」，同時產生經濟價值。因此生態系的功能屬於「源」，提供所需的資源，讓自然資產

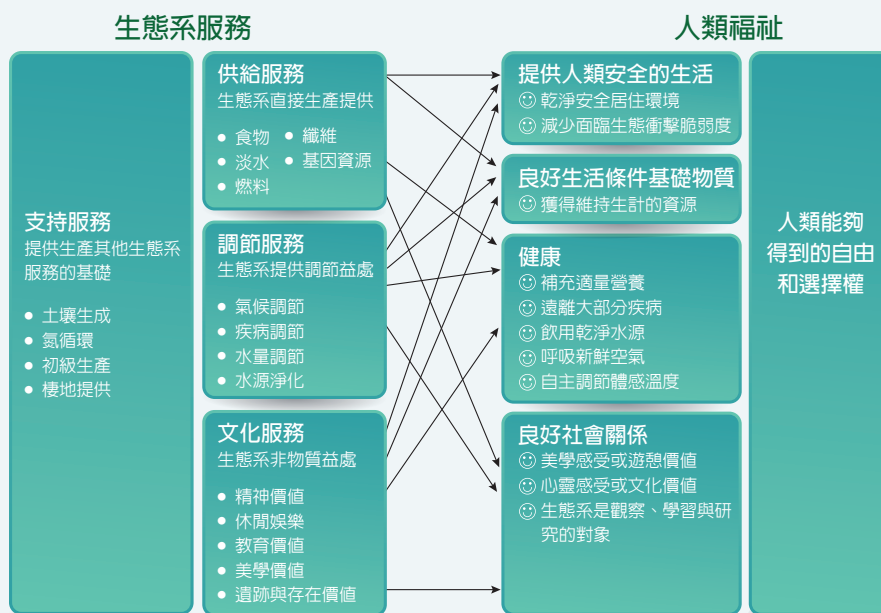
能夠生產服務；而生態系服務則屬於「流量」，有產出才能產生價值。

生態系服務的概念於 20 世紀 60 年代後期始受重視與使用，在發展初期，生態系功能多局限在「資產」的觀點上，著重在整個生態系價值多少錢的定量概念。但後續學者提出「以生態系和其中的物種運行的過程為出發點，提供人類維持自身生命或滿足需求」的論點，初步反映生態系服務「流量」的概念。

1997 年寇斯坦札等人的文章具體說明人類利用生態系資源時，會產生由定量轉為流量的屬性改變，因而成為生態系服務。2005 年，聯合國千禧年生態系統評估報告整理出生態系服務與人類福祉的關聯性，定義生態系服務為「人類可從生態系中得到的益處」，並把生態系服務區分為支持、供給、調節、文化四大類別。

生態系服務中的「支持服務」是生產其他生態系服務的基礎，提供產出其他三項服務所需的條件。「供給服務」產出食物、原料、乾淨淡水，甚至是基因資源等人類所需資源；「調節服務」是調節氣候、

一個健全的生態系經由複雜的運作，提供多元的產品及服務，可對人類社會與環境帶來諸多效益。



生態系服務與人類福祉的關聯性（圖片來源：Millennium Ecosystem Assessment, 2005）

水源等，減緩自然災害對人類的衝擊與威脅；「文化服務」則屬於精神層面，包括休閒娛樂、美學價值、教育價值等，使人類能從中得到心靈上的富足與充實。這四大類別的服務都是維持人類健康、提供安全生活的必要條件。

2007年八大工業國暨新興工業五國（G8+5）在德國波茨坦召開高峰會，在會中通過倡議「生態系暨生物多樣性經濟學」（The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB）。藉由倡議 TEEB 敦促世界各國關注生物多樣性的全球經濟效益、喪失生物多樣性所引起的價值損失，以及未採取防止生物多樣性喪失的適當防護措施產生的影響等議題，並針對前述議

題予以價值化，讓世人理解並全面性地評估與分析防護措施的成本效益。

TEEB 的宗旨是分析生態系與生物多樣性對人類社會所帶來的效益，以及環境被破壞可能造成的損失，並結合自然科學與社會科學的專業知識提供經濟上的證據，使政策和實務連結。同時，TEEB 提出四份針對不同背景使用者的報告書，分別就國家和國際政策決策者、本地和區域管理者、企業、消費者和大眾四個向度提出相關政策建議，以期制定出更具體且完整的生態系服務評估方法與相關架構。

在生態系服務項目的部分，TEEB 在千禧年生態系統評估報告的四大分類基礎上，進一步細分為 17 個項目，讓生態系服務分類更為全面與完整。

森林經營強調有形的林木產品或非林木產品，無形的水源涵養、保護生物多樣性、遊憩與文化等公益功能，都屬於森林生態系所能提供的服務。

TEEB 生態系服務的分類

服務類別	服務項目	內容
供給服務	食物	生態系提供糧食的來源，糧食主要來自人類管理的農業生態系，而海洋與淡水生態系或森林也提供人類的食品，不過森林中的野生食物常被人們忽略。
	原料	生態系提供極多建設的材料和燃料，包括來自野生和栽培的植物木材、生質燃料、植物油等。
	淡水	生態系在全球水循環中扮演調節流量和淨化水質的重要角色，植被和森林則會影響當地可用水量。
	藥用資源	生態系和生物多樣性可提供許多植物做為傳統藥物以及製藥的材料。
調節服務	氣候和空氣質量的調節	樹木除提供遮蔭外，森林也會影響當地及區域性的水源涵養，而樹木或其他植物在調節空氣質量與自大氣中去除污染物等方面也發揮重要作用。
	碳吸收和儲存	生態系儲存和封存溫室氣體能調節全球氣候。樹木和植物的成長能吸收大氣中的二氧化碳並有效地儲存，森林生態系就以這種方式進行碳吸存。
	減緩極端氣候	當發生極端天氣事件或自然災害（包括洪水、風暴、海嘯、雪崩和山崩）時，森林生態系可形成緩衝區，從而避免可能造成損害，例如：濕地可吸收洪水、樹木可穩定山坡土壤、珊瑚礁和紅樹林則能保護海岸線降低風暴的影響。
	廢水處理	濕地生態系能過濾人類和動物產生的廢物，並使周圍地區成為天然緩衝區。透過土壤中微生物的生物活性分解大多數廢棄物，從而剔除病原體（致病微生物），降低營養物質與汙染的程度。
	防止水土流失和土壤肥力維護	土壤侵蝕是土地退化與荒漠化過程中的關鍵因素之一，植被提供防止土壤侵蝕的重要調節服務，而土壤肥力對植物生長和農業有重要影響，也就是運作良好的生態系能提供支持植物生長所需養分的土壤。
	授粉	昆蟲和風力對植物和樹木授粉、水果及蔬菜生產與種子有其重要性。動物授粉主要靠昆蟲，但有一些由鳥類和蝙蝠進行。全球有超過 75% 的糧食作物依賴動物授粉，包括重要經濟作物如可可和咖啡。
	生物防治	生態系是調節傳播疾病攻擊植物、動物和人的害蟲與病媒的重要工具，可透過天敵和寄生蟲的方式進行蟲害和疾病的調節，包括：鳥類、蝙蝠、蒼蠅、黃蜂、青蛙、真菌等都涵蓋在內。
棲息地或支持服務	棲息地的物種	棲息地提供植物或動物賴以生存的一切：食物、水和住所。不同的生態系提供物種生命週期必要的棲息地。移棲物種，包括鳥類、魚類、哺乳動物和昆蟲都依賴它們在不同的生態系中運作。
	維護遺傳的多樣性	遺傳多樣性是基因在各種物種種群之內和之間的變異，可區分不同品種或種群，從而提供一些適應的基礎，如本地適應的品種與以基因庫做為進一步發展經濟作物、牲畜等。有些棲息地有很高的物種數量，這使得當地較其他地方有更多的基因多樣化，稱作「生物多樣性熱點地區」。
文化服務	休閒和身心健康	在綠地散步和運動不僅是鍛煉身體的好方法，也讓人們放鬆，雖然其效益難以衡量，但綠色空間在保持人類心理和身體健康方面發揮的作用越來越廣為人知。
	旅遊	生態系和生物多樣性在旅遊業也發揮其作用，提供可觀的經濟效益，是許多國家重要收入來源，例如 2008 年全球旅遊業收入是 9,440 億美元。文化和生態旅遊也可灌輸人們有關生物多樣性的重要性。
	美學鑑賞和文化、藝術和設計的靈感	在人類發展歷史中，語言、知識、自然環境等密切相關，生物多樣性、生態系與自然景觀一直是人類藝術、文化與科學靈感的來源。
	精神的經驗和意識歸屬	世界各地有許多地區的自然景物（如森林、石窟或高山）常被視為神聖或具宗教意義，因此自然是一個為所有主流宗教、傳統知識和相關習俗創造歸屬感的重要共同元素。

（資料來源：邱祈榮、林俊成，林業研究專訊，19 (6)，36-42；李俊鴻等，林務局 100 年度委辦計畫研究報告，行政院農業委員會林務局）

從森林生態系的觀點來看，森林生態系服務也擁有上述的各種生態系服務，而森林經營強調有形的林木產品或非林木產品，無形的水源涵養、保護生物多樣性、遊憩與文化等公益功能，都屬於森林生態系所能提供的服務。

森林生態系服務評價

目前國際上評估森林生態系服務價值以 TEEB 的評估架構為主流，可大略區分為使用價值與非使用價值兩類，並常以新古典經濟學及市場理論估算這些價值。其中使用價值與私人及準私人物品有關，通常也與市場價格密切關聯，可再分為：

直接使用價值—人類可直接從生態系所獲得的利益，可能是實質產出的原料或貨品，如木材產品；也可能是非物品，如因景觀得到的門票收益。常透過市場分析、成本方法與生產函數法進行價值估算。

間接使用價值—調節服務多屬這類，通常是公共服務而與市場實質交易行為無直接關聯，如水質水量調節、空氣品質調節、水土保持與蟲害防治等服務價值。常透過市場分析、成本方法、特徵價格法與條件評估法進行價值估算。

選擇價值—是不確定的價值，目前無法明確歸類，但未來有潛力成為對人類相當重要的服務價值。常透過重置成本、減量或復育成本與替代成本法進行價值估算。

非使用價值方面是不涉及直接使用與間接使用相關的價值，主要價值在反映個人從生態系中獲得知識、美學感受、靈感啟發等滿足感，並提供探索與體驗自然機會的價值。非使用價值相較於使用價值，因牽涉到倫理、宗教、情感經驗、審美觀等個人因素，很難找到一個普世的標準去

評定，常以條件評估或條件選擇法估算價值，因此估算時常面臨很大的挑戰性與難度，當然也沒有所謂的市場價格可供參考。非使用價值常分為：

遺贈價值—讓後代子孫有機會獲得該服務的價值，屬於世代間的公平性。

存在價值—因生態系存在而讓個人獲得相關知識或愉悅感受的價值。

利他價值—維護生態系使得其他人能享有該服務的價值，屬於同代間的公平性。

森林生態系服務價值

為了解台灣森林生態系的服務價值有多少，以下提供幾個估算實例予以說明。

林木供給服務價值—參照相關政府部門的出版品或統計年報，103 年全國林地生產用材 37,899 m³、薪材 4,189 m³、枝梢材 80 m³ 與竹材 2,384,000 枝，共價值 234,872,000 元。在森林副產品方面，103 年度生產竹筍類 22,601,013 元、愛玉子 290,222 元及樹實類 58,228,267 元，共計 81,119,502 元，主副產物合計 315,991,502 元。平均每公頃林地林木供給服務價值約為 205 元。

碳吸存調節服務價值—103 年度以國有林面積 1,539,103 公頃估算，依據國家溫室氣體排放清冊林業部門計算方法推算，森林生態系總固碳量是 11,883,000 萬噸二氧化碳當量。每噸二氧化碳當量以 2013 年的整體森林碳匯市場價格 5.2 美元計算，以 2013 年匯率換算（1：29.77），每噸碳交易價格約 155 元新台幣，估算碳吸存調節服務價值約為 1,841,865,000 元，平均每公頃國有林地的碳吸存效益是 1,197 元。

森林遊樂服務價值—103 年 18 處國有森林遊樂區遊客數 5,129,279 人，每名遊客



無形的水源涵養、保護生物多樣性、遊憩與文化等公益功能，都屬於森林生態系所能提供的服務。(圖片來源：種子發)

以觀光局提供的每人日旅遊平均費用 103 年度是 1,365 元計算，國有森林遊樂區所帶來的森林遊樂服務價值達 7,001,465,835 元，平均每公頃國有林地森林遊樂服務價值約為 4,549 元。

由上述國有林森林服務價值的估算結果，可以清楚看出目前台灣國有林森林不以林木供給服務價值為主，而著重在碳吸存調節服務價值及森林遊樂服務價值，都遠高於林木供給服務價值。顯而易見，台灣的森林經營主軸已邁入多元化經營。

以森林生態系為核心的經營產出應強調生態系服務價值，並透過科學且合理的

估算過程，讓國人真正理解森林經營價值並不如表面帳上呈現的生產利不及費的情形。未來至少還應納入水源涵養調節服務、土砂維護服務、生物多樣性支持服務等服務價值，忠實呈現森林生態系應有的服務價值，才能讓森林經營者為國家社會做出最大貢獻。

邱祈榮、林俊成
行政院農業委員會林業試驗所
