



如何提昇森林經營的多元效益與功能

文、圖 ■ 吳俊賢 ■ 農委會林業試驗所林業經濟組研究員兼組長

森林生態系經營是一種永續林業經營，永續林業是永續農業的一環。永續農業之精神可遠溯自二千三百年前，當孟子晉見梁惠王時曰：「不違農時，穀不可勝食也；數罟不入污池，魚鱉不可勝食也；斧斤以時入山林，材木不可勝用也。穀與魚鱉不可勝食，材木不可勝用，是使民養生喪死無憾也。養生喪死無憾，王道之始也。」此種在適當時間進入山林中伐木，就是永續林業裏講的最適輪伐期、最適砍伐量，使森林永續生長、生產、更新的觀念。孟子所說的王道之始的基本要件之一，就是「材木不可勝用」，亦即要「斧斤以時入山林」，由此可見永續林業之重要性。反言之，如果永續林業無法實施，則要行王道恐怕就很困難了。

1987年世界環境與發展委員會提出一個被廣泛接受的永續發展的定義：「既滿足當代人的需求又不危及後代子孫滿足其需求之能力的發展。」永續發展的概念承認利用將改變自然生態系，但是保育也是很重要的；其亦承認森林的利用對達成社會目標，例如貧窮減少，是很重要的；所以這些目標必須予以平衡。永續森林經營（Sustainable Forest

Management；SFM）就是對永續發展中的林業貢獻，其定義為：「森林永續經營是實現一個或多個明確規定的經營目標之過程，既能永續不斷地得到所需的林業產品和服務，同時又不造成森林原本的價值和未來的生產力不合理的減少，也不會對自然世界和社會環境造成不良影響」（Higman *et al.*, 2005）。簡言之，永續森林經營就是藉由維持森林生態系的健康與活力而滿足對各種森林功能的現代需求，而不會危及森林滿足後代需求的能力（Fujimori, 2001）。

1990年代以來美國提倡的新林業（New Forestry）、新展望（New Perspectives）、生態林業（Ecological Forestry）、或生態系經營（Ecosystem Management），則強調永續性森林生態系經營的革新理念，就是特定的經營活動必須和資源的多樣性、環境、與地主的目標互相和諧。此種永續林業，兼顧森林之經濟價值與環境價值，使林業經營不僅永續造福人類，更能永續裨益森林生態系。美國森林署（U.S. Forest Service；USFS）1992年定義「生態系經營」為：「生態系經營就是用生態方法，融合了人民的需求與環境的價值，

以達成國家森林與草原的多目標利用經營，在這方法之下，使得國家森林與草原呈現出多樣的、健康的、生產的以及永續的生態系。」

(An ecological approach will be used to achieve the multiple use management of the National Forests and Grasslands. It means we must blend the needs of people and environmental values in such a way that the National Forests and Grasslands represent diverse, healthy, productive and sustainable ecosystems.)

生態系經營並不主張封存森林以保持森林生態系的完整，而是主張以集水區或地景為整體經營單位，避免分散的小面積皆伐而造成破碎的森林，且應以不破壞生態系結構為前提去獲取自然資源。生態系經營重視生物多樣性，提倡在伐木時保留若干無用的樹種，留存部分枯立倒木，以供野生動物棲息之用。生態系經營反對單一樹種之造林，而主張以混合樹種造林，以育成更自然的人工林。生態系經營更主張延遲冠層鬱閉的程序，因為「前冠層鬱閉期」(Pre-canopy Closure Period)在生態上是很重要的階段，在這個階段裏存在著豐富的植物與動物種類，許多對人類是很有價值的。例如在這個時期，固氮維管束植物是最為普遍的。當冠層鬱閉時，森林的組成和功能會迅速且顯著地變化，林間光度減少，甚至光線無法照射到林地，以致林下寸草不生，不但生物多樣性減小，水土保持功能也減低。如果要維持森林演替的前冠層鬱閉階段，則要保持較寬的林木距離，例如減少栽植密度，實施強度前商業性疏伐、修枝等。生態系經營考慮整體的

自然系統如何運作，人類活動如何影響系統及受系統影響。生態系經營即是設法滿足各方面需求的經營管理方式，然而要完全滿足所有人的需求幾乎是不可能的事，尤其是意見相左的兩方，因此更需要由各個層面的深思熟慮，透過公眾參與及專家學者的評估、整合，決策過程的修正，而形成政策並據以實行。

近年來，台灣的木材自給率只有0.22%，木材年需求量99.78%靠進口。森林的木材經濟生產價值很低，2008年僅占農業生產總值的0.11%，而農業亦只占國內生產毛額(GDP)的1.69%，因此就台灣總經濟產值而言，林業可說是弱勢中的弱勢；但森林尚有非市場環境效益，此效益並未能全部反映在木材市場上，故實際上是低估了森林的真正價值。

森林是生產資源、環境資源、也是文化資源，森林可以提供「林木」及「非林木」產品與服務，滿足人類各種需求，具有「市場價值」及「非市場價值」。根據吳俊賢等(2006)所做六龜試驗林森林生態系經營經濟效益評估之研究，以條件評估法(Contingent Valuation Method; CVM)調查全國地區的願付價格結果顯示，雖然間接使用價值(包括涵養水源、國土保安、及科學研究)和非使用價值(包括自然教育、使森林永遠存在、及留給後代子孫)之差異不顯著，但是直接使用價值(包括休閒遊憩、教育展示、及各種森林經濟生產)和間接使用價值之間、以及直接使用價值和非使用價值



之間差異都呈顯著。可見全國民眾之保育觀念已有相當的共識，對於六龜森林的間接使用價值和非使用價值之評價都比直接直接使用價值為高。在森林的總價值中，以往官方的農業生產總值統計中並未包含森林之非使用價值（甚至是間接使用價值），然由本研究顯現在六龜試驗林的總價值中，非使用價值反而是最高，由此可推論傳統的統計上對於森林之真正價值有低估的現象。

Dasmann (1984) 定義保育 (Conservation) 為「對某事物之一種小心保存 (Preservation) 與保護 (Protection)，尤其是對自然資源有計畫的經營，以防止濫用、破壞、或忽視。」而環境保育 (Environmental Conservation) 定義為「對環境之利用，以永續最大可能的生物多樣性，同時確保人類供長久福祉之自然基礎。」因此，保育可說是對自然資源之保護、培育、與明智之利用。

為了保育自然資源與野生動物，維護生物多樣性，政府往往劃設保護區或保留區，禁止或限制人類的干擾或進入。保育區一般分成3個帶(區) (Fujumori, 2001)：

(一) 保留(存)帶(區) (Preservation Zone)

以天然狀況保留生態系的帶(區)。保留區通常分為嚴格保留區(核心區)以及緩衝區，可容許有限的研究與自然觀察活動。

(二) 保育帶(區) (Conservation Zone)

容許資源(森林)利用的帶(區)，如果其和生物多樣性相容。在保育區必須採用完全

考慮到生物多樣性與生態系健康的育林方法。在此區要考慮林分或具有衰老木、枯立木、倒木的未施業林孔狀地之分布。這些天然元素的存在是生物多樣性保育所必要的。

(三) 多元利用帶(區) (Multi-use Zone)

容許資源利用和其他多元目標利用的帶(區)。此帶(區)包括農地及住宅區。

在保育區和多元利用區如果有生態上重要地區則應予以做為重要環境保留區來保護。保留區和重要環境保留區都應以廊道 (Corridors) 來連結，廊道也受保護。

98年8月8日莫拉克颱風重創南台灣，造成多處山村遭土石流掩埋，人民死傷無數。此外，許多漂流木順流而下，沖積到海岸，阻塞漁港。漂流木的產生有很多因素，其中之一可能就是森林過度保護或經營不當。森林過度保護，可能使累積在林地上的枯立倒木或粗木質殘材 (CWD) 數量過多，不但妨礙幼苗之天然更新，也可能因留存燃料過多而增加森林火災發生的危險。換句話說，過度保護的森林是不健康的森林。因此，除了保留區或保護區(如鴛鴦湖自然保留區)在核心區內應實施嚴格的保留外，其餘森林都應該適度經營，以促進森林健康與發育。

聯合國於1992年在巴西召開的聯合國環境與發展大會上，簽署了「聯合國氣候變化綱要公約」(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，並於1997年通過了具有法律的約束力的「京都議定書」(Kyoto Protocol)，2005年2月16日生效，議定書內容規定了工業化國家定量的

溫室氣體減排義務，以法律形式要求工業化國家控制並減少至少6種溫室氣體的排放，並規定於第一承諾期（2008～2012年）內，將這些溫室氣體的全部排放量降至比1990年排放水平總量減少至少5%。議定書對於森林吸收及儲存碳素之方式訂定如下：

（一）第3.3條規定

1990年以後進行的新植造林（Afforestation）、更新造林（Reforestation）、毀林（Deforestation）等3項活動所造成的CO₂吸收或排放之淨值，可併入排放減量值計算。

（二）第3.4條規定

在農業土壤與土地利用變更及林業部門中，因為額外的人類行為所導致溫室氣體排放或移除的改變，可併入締約國指定量的增加或減少值計算。

雖然第3.4條規定沒有明確論及森林經營，然而2001年於馬拉克什（Marrakesh）召開第7次締約國大會（COP 7）時，正式通過議定書的執行細則，即馬拉克什協定（Marrakesh Accords）。在馬拉克什協定中就明確定義有關議定書第3.3條、第3.4條之名詞包括森林（Forest）、新植造林（Afforestation）、更新造林（Reforestation）、毀林（Deforestation）、更新植生（Revegetation）、森林經營（Forest Management）、農地經營（Cropland Management）、及牧地經營（Grazing Land Management）。森林經營（Forest Management）則定義為「為了林地管理與利用的一種作業系統，其以永續的方式滿足森林有關的生態（包含生物多樣性）、經濟與社會功能。」關於第3.4條導致溫室氣體排放或移除的人類行為包括：更新植生、森林經營、農地經營、及牧地經營，不包含新植造林、更新造林、及毀林。

因此，良好的森林經營所固存的碳量，是被京都議定書所承認且將來可做為碳市場的交易產品，也是被國際所肯定的一種對環境友善之行為。

森林林分一般發育成大且複雜的構造，包含豐富的棲息地與棲位以供不同的生物棲息繁衍。不同的森林類型可依賴生育地特性而發育。當森林逐漸年老，其經歷不同的林分發育或演替階段。每個林分發育階段及林型有不同類別的棲息地與棲位，支撐不同的生物。一個老齡林通常由各種年齡與大小之

（圖片／高遠文化）



樹木、枯立木與倒木、草本、以及具高度有機物的土壤所組成。地景若包含各種林分發育階段的森林，將具有豐富的棲息地與棲位，且將更有利於高的生物多樣性。

瞭解演替或林分發展階段和生物多樣性之間的關係，對於森林經營是很重要的。在天然林裏，植物與動物物種之多樣性於草本／灌叢階段（林分開始階段）可能是最高的，幼齡林階段（樹幹排斥階段）則最低，成熟林階段（下層植生再開始階段）恢復到稍高水平，到老齡林階段時維持在一高水平（圖1）。

在幼齡林階段物種多樣性最低，當時少數優勢木樹種遮蔽了上層，因而排斥大部分植物種類，亦因此減少消費者與分解者之多樣性。成熟林階段下層植生發育，增加植物種類的數目及動物所需的棲息地。老齡林階段有最多數的林分層，包含各種不同齡級與大小之樹木群；此外，有許多的枯立木、倒木形成老齡林階段的重要結構成份；所以在老齡林階段有很多種的棲位，能使和老齡林有關之許多物種存活其中。

林分發育階段和生物多樣性之間的關係，在人工林內是和天然林相似的，雖然人工林的多樣性一般在各階段是較天然林低的。草本／灌叢階段時，人工林之物種多樣性比天然林低，因為在人工林內很少有可以提供給各物種棲息地的枯立木、倒木、殘材。人工林幼齡林階段的結構很簡單，其冠層一般是單一樹種均勻鬱閉，和相同階段之天然林相比則減少物種多樣性。人工林成熟林階段物種多樣性可增加到相當高之水平，因為許多植物物種可在

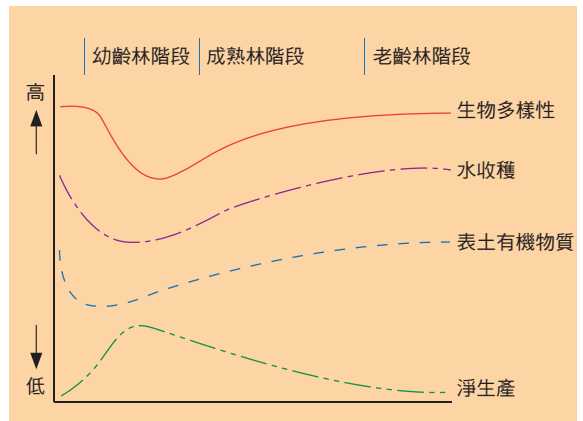


圖1 林分發育階段和林分功能的關係（引用自 Fujimori, 2001）。

下層發育。

森林內真菌種類之數目依據森林之動態而異，在成熟林及老齡林內最高。當森林結構發育時，昆蟲的多樣性也增加。如果地景上有大面積連續森林覆蓋或森林鑲嵌，隨著發育的林分結構，鳥類的多樣性與密度會增加；例如鳥類密度及物種數在幼齡針葉人工林較低，但在成熟針葉人工林較高；將闊葉樹種引入針葉樹人工林可增加鳥類物種多樣性。

對區分育林系統而言，林分結構是最重要的因子，因為林分的功能主要是依賴其結構。為了執行永續森林經營，需要決定標的林分結構（Target Stand Structures）。這些應該依據經營目標及森林周圍的自然與社會狀況而定。適宜這些狀況的育林方法應予以採用，以達成標的結構。當標的結構達成時，其應予以維持以達到經營目標，此為更進一步的技術挑戰。在一場干擾之後，如果沒有更進一步有影響力的干擾，林分發育階段

一般模式即如前面所述四階段，每一個階段由其林分結構所區分。由於林分結構和森林功能密切相關，林分發育階段可用做標的林分結構以滿足主要追求的森林功能。

草本灌木階段相當短，且因劇烈種間競爭，物種組成迅速改變。物種多樣性在此階段是很高的，尤其是在天然林，因為枯立木和倒木是先前老齡林階段留下的要素，其充當各種生物（從真菌到哺乳動物）的棲息地與棲位。此階段的保水能力很低。生產力在草本灌木階段迅速增加。對人工林及施業林分（Managed Stands）而言，此階段需要植生管理如除草與除蔓。

幼齡林階段，數目有限的喬木樹種佔優勢，且林分冠層鬱閉而減少林床上的光照，導致下層植生無法存活；因此在這時期的物種多樣性是所有階段裏最低的，但生產力達最高峰。因下層植生很少，土壤發育受限，且在某些森林可能發生土壤沖蝕。

成熟林階段當下層植生再度發育，結構多樣性和物種多樣性增加，地面土壤結構受下層植生保護且土壤結構成熟，增進土壤保水力。在成熟林階段生產力下降直到老齡林階段時達水平面。

老齡林階段結構多樣性是最高的，物種多樣性也高。由於老齡林階段的較低蒸發散作用，其水收穫可能比幼齡林階段更大。老齡林階段的生產力接近零，若無重大干擾的話就維持穩定在那水準。

對生物多樣性保育而言，標的林分結構是老齡林階段。雖然各種森林類型及林分發育

階段都對生物多樣性保育有貢獻，老齡林階段的林分存在對其是必要的。若為土壤及水資源保育，標的林分結構應該也是老齡林階段，雖然成熟林階段也能有效滿足此功能。為了木材生產的標的林分結構將依照生產目標而異。若為用材生產，標的林分結構應該是成熟林階段，而若為生物量用途如燃料（能源）材與紙漿材之生產，標的林分結構是幼齡林階段。

台灣有許多被忽視的原生樹種人工林，在發揮森林的多元效益功能上其實是很有潛力的。依據林俊成等（2002）針對常見的7種造林樹種之二氧化碳吸存潛力研究結果顯示，不同樹種的二氧化碳吸存量，以闊葉樹種較佳，在林齡20年生時每公頃之二氧化碳吸存量，以相思樹380.31公噸最高，光臘樹345.11公噸第二，台灣欒311.05公噸第三。針葉樹之二氧化碳吸存量則較闊葉樹為低，其中以肖楠249.08公噸第一，柳杉122.10公噸第二，杉木112.35公噸第三。又依吳俊賢等（2005）研究，10年生相思樹每公頃的二氧化碳吸存量為155.00公噸。可見台灣闊葉樹人工林之碳吸存潛力很大，尤其是原生樹種台灣相思樹之碳吸存量很高，木材質地堅硬又色澤美麗，可做成各種高級家具，也是優良的木炭原料，將來若能選育出優良種源的台灣相思樹，生長快速、樹幹通直，其有可能成為台灣林業的明日之星（照片1）。

就林分發育階段而言，其各階段所發揮的各種森林功能大小是不同的。對生物多樣性保育和土壤與水資源保育而言，老齡林



▲照片1 惠蓀林場咖啡園內的台灣相思樹風倒木，樹幹通直，是優良的家具用材。

階段是較佳的。但是環保團體所鍾情的老齡林並非萬能的，在木材生產方面，用材生產是以成熟林階段較佳，生物量生產（燃料材及紙漿材）則以幼齡林階段較佳。碳吸存方面，碳通量的淨生產以幼齡林階段最高。因此，在碳固存上，短輪伐期人工林經營在經濟上是最有利的。但是這並不表示所有人工林都要採用短輪伐期，必須視我們的森林經營目標而定。台灣原生闊葉樹種在未來節能減碳策略上將扮演重要角色。♻️



（圖片／高遠文化）