

如何著手進行生態系經營？

細說美國東南部邁向生態系經營的第一步 —地景生態系分類

■謝漢欽／林業試驗所經營系助理研究員

如果您讀了本文，您可以進一步瞭解：

- 美國南方森林經營改變的歷史背景
- 地景生態系的林地分類方法
- 什麼是生態系經營的「期望的未來狀況」
- 地景生態系分類的方法如何落實於不同林地所有權之不同層級的組織單位，又如何能當作一個有效的森林經營決策工具，以利於不同空間及時間尺度下的生態系經營。

正如我們所熟知的，美國的「新林業」及「生態系經營」的觀念盛起於1980年代末期及1990年代初期，並持續發展至今。也許我們都認為生態系經營的觀念與作法是起源於

美國的西北林區；如果考其歷史背景，不難發現環境保護運動及生態保育意識的覺醒是主要促成的原因，尤以長期以來美國西北林地斑點鴉棲息地的保護一直是衆人注目的焦點，爭議不斷。究竟木材經濟重要呢？還是生態價值重要呢？兩難的折衝迄今仍然持續著…。

據最近美國一份針對全國性的生態系經營的評估報告指出：到目前為止全美至少有105個地點（site）已在實行生態系經營，每一地點都面臨當地特有的生態系壓力（ecosystem stress），因而在經營方法上需要轉向採取符合生態系的方法。

現在我們要換個地方，把焦點轉向美國的東南

部的森林，以一個不同的角度來看公有林地只佔總林地面積10%、工業林佔了23%、非工業的私有林佔了67%的美國東南部林地的生態系經營是如何開始發展的；他們是如何著手進行地景生態系的林地分類。相對於保護斑點鴉的棲息地，此地因為社會對森林需求價值的改變，亟需要生態系經營的方法，以經營不同所有權的林地。

首先我們要知道的是：美國南方森林戰後的歷史變遷

二次大戰後的美國經濟與社會狀況改變了美國的森林、林業及森林學家所扮演的角色，在戰前美國南方的森林著重於森林

的更新，以因應較早時期大量木材砍伐造成森林面積與蓄積量的遞減。戰後此地的森林被視為木材資源的主要來源，以提供美國邁向經濟榮景前重建之需。為了挽救美國可能限於木材匱乏期的預測，當時的林業是以木材生產為導向，因此採取集約式的林木栽植視為必要的。也因為南方地區的林地具有完善的基礎設施、低地價成本、平坦的地形、適宜的樹種於先前是農業用地的土地上能快速成長等優點，足以獲得可觀的入，於是栽種式的林業即為當時普遍的經營作業方式。同一時期的森林學校也製造了無數的森林學家賦予森林經營的工具，以因應社會對木材生產的需求。

話說回來，今日的美國社會及經濟環境與戰後的那一時段已大不相同，森林、林業和森林學家扮演的角色亦應隨時代不同而改變。目前此地的公有林正被社會大眾重新評估，社會視森林除了生產木材價值以外，尚應提供非木材的價值。然而並不是所有林地地主都有相同的未來期望。此時正是需要修改某些固有的森林經營

的作法、發展新的技術以符合林主的期望及社會大眾的需求。但是這並不是說舊有的方法是錯誤的，而是說新的經營哲學與技術現已整裝待發。今天和明天的森林學家正需要此等工具，以便在期望的未來狀況下作決策、運用生態系的方法達成永續的森林經營。

將時間回溯到 1993 年的美國東南部的森林！

當時間來到了 1993 年時，在美國東南部各州，由於公眾對於森林生態系的需求已擴展到一個複雜而多元的局面，為了因應這種多元價值的需求，急需要一個嶄新的森林經營方法，此一新興的方法就是「生態系經營」。

此舉對於森林經營和育林實務而言，生態系經營的原理乃導源於「生態系」的觀念。兩者之不同點，在於生態系經營不只是經營生態系中的生物及支持它們的土壤和物理環境，而主要在考量一套足以影響生物社群和環境的方法與行動，意義上乃是要採取特殊的方法以編組生態系的狀態。雖說如此

，當經營者對生態系的組成有進一步的瞭解時，就會發現生態系是無法用一尺度去衡量的，也就是說生態系經營必須同時考慮在林分(stand)、地景(landscape)到區域(region)尺度之作業，並能將此一複雜的觀念融入森林經營的日常思維與規畫上。

採取生態系方法之最大阻礙在於不瞭解支持不同森林族群的土地潛力，主要原因乃是生長於土地上的植生已多所改變，以致削弱了經營者對土地潛力的判斷。於是在經營如此複雜的生態系經營之前，應該要發展一個能反應並支持生物社群的土地潛力之土地分類系統—地景生態系分類(landscape ecosystem classification)。大體而言，地景生態分類是一個新的方法，它超乎了傳統的地位指數(site index)，並可以反應區域的氣候、地形與土壤，將區域再區分成地景的小單元，於單元內可進一步解釋該單元土地潛力。此一方法如能廣為應用，應可發展一個具有生物基礎關係的生態系經營。

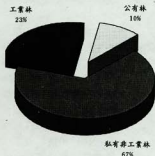
一、改變中的森林價值

由於美國南方森林提供了許多的公益功能，目前正持續獲得大眾普遍的認知，因而導致了生態系經營的行動。最為明顯的例子莫過於公眾願意以付費的方式取得狩獵的機會，南方的私有林地從打獵許可證獲得的年均收入每英畝為 2.16 美元，單從南卡若萊納州的兩個郡之經濟分析顯示，1990 到 1991 年的狩獵期，其私有林的打獵消費支出實質地有益於當地的經濟。事實上，早在 1990 年時這兩個郡由獵人支出的所得收入已超出總農業之現金收入。據估計指出，非消耗性之野生動物收入，在東南部各州經常是相當於或超出狩獵消費的收入。這些數據反應了將非木材商品（類似的例子如森林遊樂）納入自然資源經營策略對於經濟的重要性。

土地所有權別對於森林生態系之需求態度有很大的影響，不同的所有權正反應出土地擁有者的個人價值。舉例來說，此地的私有林和非工業林佔去了 67% 的林地，但這些林地所有者卻是最不可能採

用生態系方法去經營森林的人物。經調查顯示，東南各州有 22% 至 40% 的森林擁有者，以木材銷售當

之下，只有 27% 的土地擁有者具有較低的順從意願去雇用專業的林業人員，發展他們的經營計畫。除



圖一 美國東南部林地所有權面積百分比

作林地之最主要收益來源。相反地，也有 16% 至 42% 的受訪者認為可以用所有權、美感及投資當作主要的收益，並不需採取主動式的資源經營方式。

此地經由最佳經營實作 (Best Management Practices; BMPs) 有規律地執行之後，產生了水土保持綱領及對生態系的關懷。1990 年針對此一自願性綱領的評估顯示，在南卡州有 82% 的私有非工業林的擁有者願意順從 BMPs 的作法，報告的結論則指出給予土地擁有者有用的專業性勸導，是一個可增進 BMPs 順從率的可行方法。當與 82% 相比較

此之外，1990 年的森林管理法案 (Forest Stewardship Act) 創造了森林管理與管理促進計畫，目的在鼓勵用多資源的方法去經營私有的非工業林地。1991 年此一法案剛執行滿一年，美國南方 13 州提報了 2,022 個森林管理計畫，合計總林地面積達 377,820 英畝。雖然這兩個計畫並沒有特別談到生態系經營，但鼓勵了永續林業的發展。

工業林之土地擁有者佔全部林地擁有者之 23%，雖然木材經濟是最大價值之所在，但卻不再是唯一的價值。正如同永續的生產品一樣，工業林的水

土資源保育是主要的考量點；這一現象可由已有95%比率的工業林主願意實行BNPS獲得證驗。愈來愈重要的是，工業林從業人員已開始考慮基於其他價值效用之集約式林業，並試圖去緩和林地投資者所要求之最少回收率而引起的限制性衝擊。

在美國東南部公有林主只佔了10%的林地所有權，然而，在公有土地生態系經營法卻是最有潛力去執行並能獲得即時應用的地方。在不需高回收的經營環境下，資源經營者可以且應該有機會去提供社會非商業價值的財貨。而為達成此一目的，必須在某些基層地區調降木材收穫的產量，在一定相容的程度下提供社會木材及被期望的非木材商品。相對的，在公有林地之研究則應趨向闡揚非商品性質的森林價值之相容性課題上；此一課題乃介於同一地景單元下的社會、經濟及生物因子間的相互關係，而且此一技術亦可轉移到工業林及非工業林地之需求應用領域上。

正因為生態系提供了有用的服務，在上述林地上有影響力的務實作法正

被大眾所認識。譬如，森林及有森林生長的濕地可以改進空氣及河川的品質、維護野生動物和魚類的棲息地，現已為人們所熟知。除此之外，公眾已開始認識到以往較不為人知的生物種類，其包括特別稀有及瀕臨絕種的物種，並瞭解妥善維護生態系可以保有健全的森林。舉例而言，南方松的甲蟲危害發生於部份生物歧異度較低之林分和地景階層。雖然低生物歧異度不全是造成南方松林甲蟲危害的原因，在林分及地景尺度上，栽植闊葉林不僅可以支援商業闊葉木的服務，並可減低、甚而阻止南方松甲蟲危害的漫延。恢復一個複雜而健康的森林生態系需要一個可以正視地景、認識生態異質性的新方法，並於經營的環境中善加運用這種變異特性。

二、為什麼要作生態土地的分類？

對於南方森林之經營者而言，不論在那一種林地所有權的土地上，如何去認定一個既定土地單元的容受力及限制性，其能力仍然是有限的。目前採用地位指數(site index)

預測地力仍最為普遍，但使用者並不明白地位指數預測具有高度誤差，因而導致在某些地區因樹種選定錯誤而造成經濟損失。由於長期的土地利用開發和普遍栽植樹林，已高度地干擾了森林環境，迫使人們看不清楚土壤、地形及植生之間的交互關係。

早在1930年代為了判定南方林地生產力，所從事的土壤地位研究，雖已被充分瞭解。但很不幸的，從土壤和地位因子預測森林生產力，在往後的數十年使用單一及多因子的研究並不是很成功。從60多年來的研究及經驗累積，雖已浮現了有關土壤和地位因子在植生生產力的影響，但被開發用來表達這些關係的經營工具並不廣被接受。甚至在給予美國及其他區域已被接受且成功的例子之情況下，東南的林業從業人員對生態土地分類之應用潛力仍抱持著懷疑的態度。因此，地位指數仍在繼續使用，而不顧及它具有的缺點。

整合的生態土地分類可當作經營的有效工具，允許資源經營者去認定多元價值下給定之土地單元

的潛力。生態系經營的觀念並不全在生態土地的分類，然而，此一方法卻是必須的先行的步驟，以便用於凸顯經營實務上的非林木價值。使用生態土地分類的方法正可顯示出對南方地景生態系分類的一個承諾。

三地景生態系的分類方法

地景生態系分類 (landscape ecology classification; LEC) 於 1970 年代中期由美國密西根州開始發展，在南卡絡萊納州隨著美國西部生育型方法 (habitat type method)，於同一時期則著重於依植生分類方面的研究。然而，於 1970 年代末期 LEC 儼然已發展成爲一個整合性的方法。在密西根方面的努力下開創了「地景生態系分類」的術語，此時在美國南方已被使用於模式化的應用。LEC 表達了(1)植生與地形(2)地形與土壤(3)土壤與植生之間的交互關係，而採用「地景」一詞當作修飾詞，乃在增顯生態系是延伸於整個地表的地理單元。其中，因為地形是永久且相對地容易辨認，所以

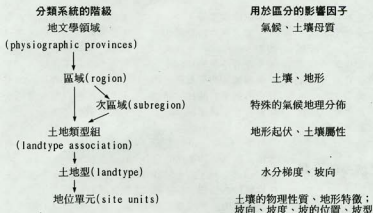
地形是關鍵成分。

植物可當作環境因子的綜合體 (integrator)，在沒有干擾的情況下，一個個別種的分佈與植物社會有競爭的關係，是環境條件的一個函數。如果此一個別種具有狹窄的生態幅度 (amplitude) 分佈，則可當成一診斷 (diagnostic) 種，爲一特殊環境條件的指標。如果是具有廣大的生態幅度則視爲一常態 (constant) 種，不構成某一環境條件的指標。當種類間具有相似的環境需求時，會相互交疊分佈形成植群 (association)。診斷種形成的植群在無干擾情況下，可當作「地位指標 (site indicators)」，其出現與否可取代木材生產力 (site index)，用於決定那些土地單元具有同等的生物生產潛力。

在相對無干擾的情況下，診斷種的植群即爲植生型 (vegetation type)，其與地形和土壤因子相關。這裡所談到的地形因子包括了坡的位置、坡度、坡向及坡型。土壤因子包括了排水、化學及物理特性等。由於三者間的交互影響爲吾人所知，依此

而得的土地分類結果具有生態學的基礎。一旦建成模式，則可在缺乏植生資訊下、或在干擾的情況下、或在已栽植森林的情況下，使用地形及土壤的永久特徵進行應用。

生態土地的分類方法考慮到主要的環境因子在地學領域 (physiographic provinces)、區域、次區域的區分變化。譬如說，在一個給定的地文學領域的區域或次區域內，其主要的天氣型態應不致有太大的差別。同樣地，當土壤母質不同時會影響主要土壤的性質並改變植物的組成及生產力，此時土地可因此區分爲地文學領域的區域或次區域。也因為植生、土壤及地形之間的關係隨區域的不同而互異，土壤和地形因子遂成爲劃分區域的要素。在一個區域內氣候及土壤母質一般不會有差異，然而具有特殊複雜的氣候地理分佈模式的區域必須加以修整，以反應次區域的差異。含括整個美國南方地區的地文分類計畫 (physiographic classification project) 1973 年由南方森林研究委員會開始執行，本身爲一階層式



圖二 地景生態系分類系統的層級及區分的影響因子

(hierarchical) 的分類體系用於說明美國南方的主要氣候及土壤母質。

而 LEC 也是階層式的，其與美國林務署為了生態系經營而實行的全國階層式的生態單元總架構(National Hierarchical Framework of Ecological Units) 可相通用。區域及次區域進一步分成為土地類型組(landtype association)，用於解釋因土壤母質、主要土壤的形成過程、及地形起伏(如谷地及上坡地)引起的差異性。

在一土地類型組內可再細分多個土地型(landtype)，舉例來說，一個上坡土地型可次分為乾燥與次乾

燥兩個群，而每一土地型之次分稱為土地相(landtype phase)。依 LEC 術語，土地相相當於地位單元(site units)或地景生態系單元(landscape ecosystem units)。土地相基於土壤的物理性質及地形特性：坡向、坡度、坡的位置或坡型而加以認定。地位(site)傳統稱之為地位型(site type)是階層中的最低層，其型態上可能不同，但因土

壤及地形變數的交互作用，具有相似的生產力。譬如，北向坡具有遮護條件之淺土層的地位可與南向曝曬坡土層厚的地位有同等的生產力。此兩地位型有相似的生產力可支持同樣的植群，因此可歸類成同一土地相。因此，在一個給定的 LEC 模式中會有許多的地位歸類成 4 至 6 個地位單元。此一方法不僅可以簡化地景，而地位單元也成為個別林分經營

表一、全國階層式的生態單元架構

階層中的目的和用途	全國性的階層	生態系與生態單元尺度
廣域分析與模擬	生態域(ecoregion)	大於 1000 平方英里
資源規畫評估	次生態域(subecoregion)	100 至 1000 平方英里
國有林規畫	地景(landscape)	10 至 1000 英畝
計畫規畫	土地單元(land units)	1 至 10 英畝

時規畫及作業的階層。茲將 LEC 施行的步驟歸納如下：

LEC 施行的步驟

- (1) 從相對未受干擾的植生及土壤中去判別該地的地形和土壤變數，以確定地位單元。
- (2) 區分及描述每一地位單元之不同的植生演替型態。
- (3) 以地理資訊系統建立應用模式，以之繪出林地的地位單元。
- (4) 針對劃分後的位置單元進行不同的經營解釋與規畫。

其中，第(1)及第(2)步驟應依序執行，第(3)及第(4)步驟可同時進行。

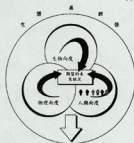
目前在美國南方有許多地區已開始進行這種土地分類。根據結果顯示，靠近河流兩岸的地形常為重要的影響因素、高地的土壤常為決定因子、某些地區的土壤排水、土壤型及有機物含量亦是重要影響因子，LEC 模式可與針闊混交林的生長模式相互整合一齊。

四研究的應用

LEC 模式所認定的地位單元乃基於可測定之地

形、土壤及植生的結構化屬性。許多不同的研究已運用 LEC 模式當作試驗設計的架構，並透露出介於地位單元間之結構化屬性的相似與差異性。此一知識正可改進了吾人解釋和預測經營結果的能力。這些研究的應用證實了，基於結構化特性之地位單元的單一功能性。此外，當研究設計採用 LEC 的架構時，足以促成研究人員在地景上的研究結果之成功應用，並可用於比較不同研究結果之間的差異。

五 LEC 可當作決策的工具



圖三、生態系經營中三個向度的關係及其輸出

表二、依據組織關係及政治尺度劃分的林地資源決策者

尺度	組織單位		
	私人	工業界	公家
區域	聯邦級機構	公司的辦公室	區域林務局
州	州級規畫委員會	木材產地部門	林管處
地方	郡及市民	森林經營者	工作站的育林人員

期望的未來狀況 (desired future condition) 是規畫過程的一個重要產物，未來的狀況可能是由參與其中的成員或由規畫過程所影響的一個經濟、社會或生物的狀況。為了確定期望的未來狀況，決策者需要用理性的方法去處理所面臨的複雜問題。而預測或定義一個期望的未來狀況可透過 LEC 來促成。

LEC 的應用首先要確定誰是階層中的決策者，其次，必須在所認定之社會及政治尺度下之不同機構（私人、非森林工業、森林工業、以及公家單位）都能使用。

表二顯示在區域、州及地方階層的組織關係及政治尺度劃分下的林地資源決策者。

私有林主依照多維因子來決定私有土

地（個人、非森林工業林地）的期望未來狀況。如同前述，只有少數的私有林主對於永續的森林經營方法感到興趣。許多南方州亟需要雇用私人顧問提供私有林主新的林業經營知識。而實用專業知識技術轉移的責任大部份落在與大學合作的推廣教育上。這些職後的教育課程目的在於拓展他們在生態系經營及永續林業方面的視野。

在美國南方，永續林業或生態系經營不太可能委由法律的行動來達成。然而，針對區域及州階層進行永續發展的考量正影響著地方階層的森林經營。最為明顯的，在區域階層透過淨水法案（the Clean Water Act）保護的森林濕地，已經大大地影響了私有林地的開發與使用。事實上，由於南方的林地私有林佔了大多數，因此私有林主被賦予提供社會乾淨的水源及維護濕地的公眾利益的責任。

LEC 的第一個益處：在工業林地，尤其是區域的森林經營者階層，LEC 有更大的應用潛力。其中

最大的應用潛力在於改進具有重要商業木材價值的樹種之地位品質及生長、收穫的預測。因為近年來闊葉材已使用於製漿，所以上述樹種包括了松樹與闊葉樹。此外 LEC 亦有潛力應用於預測病蟲害的風險率，尤其是南方松甲蟲的危害。大多數的預測模式（包括了不同的土壤與地形的特徵或是林分結構狀態的地位指數）多致力於林木的生長。以 LEC 的地位單元（site units）取代這些不同地位及土壤變數可以改主預測的程序。

LEC 的第二個益處：一旦 LEC 派上用場，可針對位於地景上與空間及時間相關之非商業價值做經營規畫的解釋。先進的木業公司知道在工業林地可接受的經營作法上做稍許的調整，即可以提供社會其他價值的利益；只需花費少許甚或不用成本，即可改善公共關係獲得很大的回報。

LEC 的方法已實行於喬治亞州及北卡萊納州的公有林地，因此吾人可對其應用潛力及其如何促進

生態系的森林資源經營有較佳的認識。吾人可以確定在區域林務局、林管處、工作站的育林人員，三個組織單元尺度的決策者。這些組織單元的決策者可決定處於區域、地景及地位的三個生物尺上之期望的未來狀況。區域尺度大小可從一個州或從數個州到位於一個州之內的地文區域或次區域。地景尺度的大小則從一個工作站轄區到一個集水區。

區域林務局的大多數決策著重在區域及地景階層之期望未來狀況的決定。在林管處階層所設定的期望未來狀況必須考慮在區域、地景及地位層級合宜可用的資訊。地位層級的工作站的育林人員應考慮地位層級和地景層級的資訊。因為地圖足可充當綜合分析及佔進溝通的憑藉，所以此一決策程序相當依賴於地圖。事實上，測定一個分類方法的是否有用的主要標準在於其是否適繪製可用於解釋土地生產力及其他資源價值的精確地圖。

因為有了包括廣大面積的松林保育及普遍的人

為影響的集約式林業，所以南方森林優勢組成之演替種的出現，事實上已反應出與環境條件交錯影響的干擾作用。明顯地，繪製極盛相植生的地位單元，對於解釋南方各州的土地生產力的能力是有所限制的。此外，因為土壤系是基於型態特徵來做分類與地位生產力關係並不大，故土壤分類法經常受到批評。單獨使用土壤的調查方法去劃分相似生產潛力的地位單元，同樣被認為是有限制的。這個問題可藉由合併土壤系成為若干群獲得部份的解決。每一群可表現出生態等值，也就是說這些被分群的土壤在一定地形下具有同樣型的演替植生。

早期努力的結果顯示，合 LEC 模式及地理資訊系統資料庫之是可行的。其中，地形可由數值高程資料 (digital elevation data) 來表示，土壤則由數化的土壤調查資料表示之，這裡所談到的土壤調查資料乃依據生態等值群進行歸組並繪製成圖。預測地位單元的選界及潛在的植生則經由地形

與土壤交互關係模式繪圖而得。繪製的地位單元選界可藉觀察現場未經土地使用破壞之診斷種的分佈情況加以修正。就一個區域而言，因為 LEC 簡化所有土壤及地形變數的不同組合，使成為相對少數的地位單元，故判釋繪製後的地景較不至於產生混淆。

這些地位單元除了地位階層的資訊外，亦可用於認定潛在區域及地景階層的必要資訊，以便設定此一森林的期望未來狀況。於設定期望的未來狀況時，需考慮到生物歧異度的議題。而地景階層生物歧異度包括空間及時間的面向；也就是說，使用地景的經營方法必須超出林分或地位階層，同時考慮其在空間與時間的歧異度。生物歧異度所涉及的問題並不是單獨用來解決林分階層的種類之豐度而已；當區域及地景尺度的資訊併入決策過程時，將會明顯地影響到，基於增進生物歧異度的前提下，林分單元之栽植樹種選擇的優先順序、及其期望的未來狀況的設定。

六 美國東南部生態系經營的方法

從前文中我們得知美國南方亟需一個生態系的森林資源經營方法，以因應民衆對森林生態系多元價值的需求。應牢記在心的是，期望的未來狀況係隨著土地所有權不同而異。私有林地的期望在於維持生態的完整性，於採取水土保持的作法 and 維護清靜的水與空氣之前提下，維持土地生產力。工業林地亦應注重生態系的健全，並體認非商業價值之森林作業造成的影響。公有林地除提供其他非木材價值的利益、亦應體認非木材價值之森林作業所造成的影響及維持生態的完整性。

土地所有者、林業人員及社會應該知道並不是所有的價值均可由單一的林分、地景來生產，甚至在某些連續地景上（如基層工作站的轄區）對某些價值也是不能夠的。因此決定未來期望的狀況之決策過程需要考慮空間及時間兩個尺度，而依照組織單位的尺度來看，未來期

望的狀況可能是一個林分、地景或區域。

依某一土地單元之時間及空間梯度的未來期望的狀況下，所作的之一系列決策方案，可由LEC有效認定。因為LEC的方法可應用於與時間及空間變數相關連的任何價值上，所以LEC具有廣大的應用領域。自從本方法成功地在海岸平原、山麓地帶、及山區獲得實證之後。現在正可體認到使用單一成分的方法（諸如商業木材型、土壤型、或描述性植生調查等）並不能滿足整合性生態系經營方法所需的資訊。

為了達成生態系經營及非商業價值的期望，賦予地主及決策者足夠的誘因和機會是必要的。在公有林地上，需減低某些轄區的木材銷售容許量，依此給予轄區管理者有機會去改變現有的經營作法。在工業林地，則需要各階層的經營者重新評估不考慮非木材價值下，大面積松類栽植的集約式林業是否得當。先進的木業公司正考慮在其他社會利益的目標下經營作業改變的

衝擊，希望能一方面提供可接受的邊際收益給投資者，另一方面又能提供其他非木材價值的利益。為了維持私有林地的生態系的完整，專業的林業顧問以及伐木業者必須接受由大學推廣計畫贊助的職後教育，而且私有林主需給予足夠的誘因以生產木材。舉例來說，私有林主因狩獵許可證的市場需求殷切，目前正大力提倡野生動物的價值。

七、重點摘要

- (1) 戰後初期美國的森林為了重建以助經濟，為木材生產導向。其後美國南方的森林地由於公眾對森林價值的多元化需求殷切，導今日之生態系經營，亟需發展新的經營技術與工具，改變舊有的森林經營作業方式。
- (2) 因為生態系是無法用單一尺度去衡量它的期望的未來狀況，所以生態系經營必須同時考慮在林分、地景及區域尺度的經營規畫。
- (3) 美國東南部公有林佔了10%，工業林佔了23

%，私有林佔了67%。不同的林地所有權反應出林主不同的期望。在發展永續林業維護生態系的完整的前提下，應鼓勵私有林採取多資源的經營方法。工業林應注重林地水土資源的保持並考慮他非木材價值的效用。公有林地最有潛力率先施行生態系經營的方法與應用，應調降木材的收穫量提供社會木材及非木材價值的需求，著重地景單元下社會、經濟及生物因子間的交互關係。維持生物歧異可以阻止南方松甲蟲危害的蔓延。

- (4) 採用地位指數評估林地潛力，有其缺失。整合的生態土地分類可當作經營的一個有效工具，允許資源經營者去認定多元價值下給定之土地單元的潛力。生態系經營的觀念並不全在生態土地的分類，然而，此一方法卻是必須的先行的步驟。
- (5) 診斷種形成的植群在無干擾情況下，可當作地位指標，用於決定那些土地單元具有同等的生

物生產潛力。在相對無干擾的情況下，診斷種的植群即為植生型，其與地形和土壤因子相關，三者間的交互影響。依此而得的土地分類結果具有生態學的基礎。一旦建立成模式，則可在缺乏植生資訊下、或在干擾的情況下、或在已栽植森林的情況下，使用地形及土壤的永久特徵進行應用。

(6) 大體而言，地景生態分類 (LEC) 是一個新的方法，它超乎了傳統的地位指數、極盛相植生圖及土壤型分類方式，並可以反應區域的氣候、地形與土壤，將區域再區分成數個階層的單元，於單元內可進一步解釋該單元的土地潛力。此一方法如能廣為應用，應可發展一個具有生物基礎關係的生底系經營。

(7) 在一個地景生態系分類模式中會有數多的地位歸類成 4 至 6 個地位單元。此一方法不僅可以簡化地景，而地位單元也成為個別林分經營時

規畫及作業的階層。LEC 依據可測定之地形、土壤及植生的結構化屬性決定地位單元，每一地位單元具單一功能性，利於研究應用及研究結果的比較。

(8) 期望的未來狀況是規畫過程的一個重要產物，未來的狀況可能是由參與其中的成員或由規畫過程所影響的一個經濟、社會或生物的狀況。為了確定期望的未來狀況，決策者需要用理性的方法去處理所面臨的複雜問題。而預測或定義一個期望的未來狀況可透過 LEC 來促成。

設定期望的未來狀況時，亦需考慮到生物歧異度的議題。而地景階層生物歧異度包括空間及時間的面向；也就是說，使用地景的經營方法必須超出林分或地位階層，同時考慮其在空間與時間的歧異度。

(9) 私有林亟需要雇用私人顧問提供私有林主新的林業經營知識。而實用專業知識技術轉移的責任大部份落在與大學合

作的推廣教育上。由於南方的林地私有林佔了大多數，因此私有林主被賦予提供社會乾淨的水源及維護濕地的公眾利益的責任。

(10) LEC 應用於工業林有兩個益處：1. 在工業林地區域的森林經營者階層，LEC 在於改進具有重要商業木材價值的樹種之地位品質及生長、收穫的預測，以及預測病蟲害的風險率，尤其是南方松甲蟲的危害。LEC 的地位單元取代這些不同地位及土壤變數可以改進預測的程序。2. 可針對位於地景上與空間及時間相關之非商業價值做經營規畫的解釋。

(11) 在區域林務局、林管處、工作站的育林人員的決策者。這些組織單元的決策者可決定處於區域、地景及地位的三個生物尺度上之期望的未來狀況。區域尺度大小可從一個州或從數個州到位於一個州之內的地文區域或次區域。地景尺度的大小則從一個工作站轄區到一個集水

區。

⑫整合 LEC 模式及地理資訊系統資料層之是可行的。地形可由數值高程資料 (digital elevation data) 來表示，土壤則由數化的土壤調查資料表示之。繪製的地位單元週界可藉觀察現場未經土地使用破壞之診斷種的分布情況加以修正。就一個區域而言，因為 LEC 簡化所有土壤及地形變數的不同組合成為少數的地位單元，故判釋繪製後的地景較不至於產生混淆。

八後語

台灣的森林經營隨著時代需求的演變，早期亦以木材生產為主，以助國家經濟建設，之後因民衆及社會對森林各項功能之需求殷切，乃致有多目標的經營方針，並加強對國土保安的重視。近年來更由於環境保護及生態保育意識的覺醒，此時森林生態系經營理念正主導著先進國家的森林經營方式，達到森林資源的永續經營及「永續發展」之目標。

能夠發展一套適合台

灣使用的林地分級作業體系，也是近期以來國內林業經營所期盼的。行政院農業委員會有鑑於此，在其頒定的「國有林事業區經營計畫綱要」中增訂建立地理資訊系統和林地分級兩項，並在第三次全省森林調查計畫中，要求積極籌劃地理資訊系統之建立與林地分級工作。進而於民國八十三年六月召開之第三次全國農業會議林業組有關「加強森林資源規劃，建立永續發展之經營體系」所作的結論即為建立林地分級作業體系。

在此期間，林業試驗所積其數年研究經驗，以六龜試驗林為例，於民國八十四年完成該試驗林之林地分級工作，提出了一個符合生態原則並適合國內參考使用之林地分級作業體系，研究內容涵括基本資料之建立、資料分析，到應用地理資訊系統技術和多變值統計分析完成了經濟林地、自然生態保育區及自然生態教育區之分級工作。林務局亦應用第三次全省森林資源調查之土壤及地形資料，經由局內土壤專家的判定，於

民國八十四年以地理資訊系統完成林地地位級分類的工作。而有關山坡地土地利用分類準則，早在前山地農牧局時期既已訂定。以上三者都是以本省為例的林地分類方法，其方法、知識與技術實頗值得林業從業人員參考，以利於未來全國性林地分級作業體系的研擬，踏出生態系經營的第一步。

參考文獻：

- 謝漢欽、鄭祈全、陳燕章
1997 林地分類專家系統之建立。航遙測與地理資訊系統在森林資源經營上之應用研討會論文集，p.133-143。
- 鄭祈全、謝漢欽 1993 赴美研習「森林生態系經營」報告，62 頁。
- Jones, S. M. and F. T. Lloyd 1993 Landscape Ecosystem Classification: The First Step toward Ecosystem Management in the Southeastern United States. Defining Sustainable Forestry, Island Press, Covelo, California. p.181-201.