

## 研究報告

# 森林生物生態面向之永續發展指標

李宣德<sup>1</sup> 馮豐隆<sup>2</sup>

【摘要】在監測與調適性機制理念下，吾人建立“生態系經營規劃模式”，無論森林資源保育評估、決策、執行與監測之進行，準則和指標都是森林經營相當重要的指引。準則和指標(Criteria and Indicators, C&I)是評估森林狀況、趨勢和提昇永續森林經營的工具。他們提供邁向全球永續發展國際合作上的一個共同的原則。目前超過一百個國家分布於不同地理氣候區，正在對不同的層級制定不同的準則和指標。朝向使用準則和指標的新時代，以創新的方式來看待森林。本研究主要參考世界不同林業組織、國家訂定的準則和指標，再配合臺灣現況，就生物生態方面草擬出臺灣生態系經營的準則和指標，其內容包括「森林資源準則」、「生物多樣性準則」、「國土保安準則」、「森林健康與活力準則」、「森林生產力準則」、「碳吸存貢獻準則」等六大方面，並利用問卷調查的方法，收集林業從業人員的建議，進行可行性評估，整合專家學者的意見，進行適應性評估，最後依據幾何平均數及四分位法，擬定台灣永續發展之指標共 17 個指標範疇，45 個項目，建立台灣空間地理資料庫，並利用其資料庫來進行分析評估，藉以提供生態系經營的資訊及臺灣林業發展的依據，並建立臺灣林業未來經營的方針、計畫與評估監測。但如何簡化這些指標、設定基準值、監測評估期間的訂定以及自動評估、警幟系統的建立，仍有待再研究。

【關鍵詞】準則與指標、地理資料庫、森林生態系經營、空間資料

## Research paper

# Indicators for Sustainable Forest Management in Biology and Ecology

Lee Hsuan-Te<sup>1</sup> Feng Fong-Long<sup>2</sup>

【Abstract】 We developed the “Ecosystem Management Planning Model” under the concept of monitoring and adaptive mechanism. No matter what forest resource conservation assessment, decision-making, implementation and monitoring, it is very important for us to define the criteria and indicators (C&Is) of ecosystem management (EM). C&Is are tools to assess the tendency of forest condition and promote sustainable forest management. They could be provided the common principles for us to do sustainable development and international cooperation. There are over 100 countries distributed in different

---

1. 國立中興大學森林研究所碩士

Graduate student, Department of Forestry.

2. 國立中興大學森林學系教授國立中興大學森林系教授，通訊作者，台中市南區國光路 250 號。

Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. (Corresponding Author.) 250, Kuo Kuang Road, Taichung, Taiwan, R.O.C.

geographical climate area are developing various criteria and indicators of different levels. These countries are approaching to a new paradigm in applying criteria and indicators to sustainable management with new viewpoints of forestry. In the paper, we collected many C&Is which established by forestry organizations and countries in the world. To consider these C&Is with the forest condition now in Taiwan, we try to propose the C&Is of EM in Taiwan. It contains “forest resources criteria”, “biological diversity criteria”, “land to ensure safety of the public criteria”, “forest ecosystem health and vitality criteria”, “forest productive criteria”, and “contribution to carbon cycles criteria”. We used questionnaire methods to collect the opinions of foresters for suitability assessment and multidisciplinary experts for capability assessment of C&Is. There are 17 indicators and 45 items were drawn up for sustainable forest management. We applied and analyzed the spatial geo-referenced database of EM in Taiwan to assess the proposed C&Is. With the C&Is, geo-referenced information of forest ecosystem management, we could set up the policy, planning, assessment and monitoring for forest management in Taiwan. How to simplify the indicators of each criteria, baseline setting, assessment period, and developing risk-flag system are the key objectives in the following research.

**【Key words】** criteria and indicators, geography database, ecosystem management, spatial data

## 一、前言

永續發展觀念的提昇是社會價值和態度改變的反應。這個觀念演進的關鍵是 1972 年在斯德哥爾摩 (Stockholm) 召開“人類環境”(Human Environment) 的聯合國會議上開始考量對全球環境的保護和保育，就如同對共同關心的問題一樣，其態度由單純利用轉變為對生態的調適。在 1987 年聯合國世界環境與發展委員會布倫特蘭報告—我們共同的未來 (Our Common Future) 一文中，定義永續發展 (sustainable development) 為“既要滿足當代人的需要，又不對滿足後代人需要的能力構成危害”，這個定義使得以下二個基本觀念更加具體化：提出人類需求的優先權和滿足人類需求的地球承載量是有極限的。

朝向永續發展的主要階段是 1992 年在巴西里約熱內盧 (Rio de Janeiro, Brazil) 召開聯合國環境發展大會上簽署 21 世紀議程 (Agenda 21)，世界各國政府承諾提升全國性的永續發展及國際性的合作。21 世紀議程提供政策性的引導，引進並朝向里約宣言 (rio declaration) 的永續發展。在大會上對於森林效益和伐採森林的後續措施的議題，獲得世界的關注。“森林

原則的聲明”(Statement of Forest Principles) 使得全球森林朝向更具國際觀的狀態並使經營森林更具一致性的觀點。

1993 年在加拿大魁北克蒙特利爾 (Montreal Quebec)，由歐洲安全與合作會議 (the Conference on Security and Cooperation in Europe, CSCE) 主辦的北溫帶森林永續發展的國際專家研討會中，與會的 40 個國家及受邀的組織，首度進行深入的多國性討論—永續森林經營準則和指標。由蒙特利爾過程 (Montreal Process) 發展成爲一個代表世界 90% 的北溫帶森林，除了歐洲外加上一些熱帶森林的 12 個國家的工作小組，發展和提升國際認同的北溫帶森林永續經營及保育的準則和指標架構，並定名為“永續森林經營” (sustainable forest management)。

蒙特利爾議定 (Montreal Process, 1995) 定義，“準則”(Criteria) 是永續森林經營評估的一種狀況或過程，藉由一組定期監測的相關指標來評估，以瞭解森林的變化。“指標”(Indicator) 是量測準則的方法。藉由定期量測或描述某一定性或定量的指標變數來瞭解其變化的趨勢(洪富文, 1997; The Santiago Agreement,

1995)。準則和指標 (C&I) 是評估森林狀況、趨勢和提昇永續森林經營的工具，提供邁向全球永續發展國際合作上的一個共同的原則。

生態系經營的準則與指標，應在空間尺度、時間尺度，考慮生物、生態、地景因子，並依自然、社會、經濟和文化不同，而訂出不同的準則與指標。生態系經營準則與指標的訂定，需要不同領域的學者專家、資源經營者、公眾參與等共同集思廣義，擬定適合不同空間尺度及經營層級的準則與指標，以提供生態系永續經營各項施業之依循。本研究在研擬臺灣永續生態系經營的準則與指標，參考世界不同林業組織、國家訂定的準則和指標，再配合臺灣現今狀況，就生物生態方面草擬出符合臺灣環境狀況與人民需求的生態系經營的準則和指標，並利用問卷調查的方法，收集林業從業人員的建議，整合專家學者的意見，擬定台灣永續發展之準則與指標，確定臺灣森林經營方針，更而能針對所需生態值進行資料收集、整合及調查，更而建立台灣空間地理資料庫，並利用其資料庫來進行評估、決策規劃、執行經營、監測與適應策略，以提供生態系經營管理的資訊，做為未來臺灣林業發展之依據。

## 二、研究方法

台灣森林永續發展的準則與指標是推動森林永續發展的重要關鍵，但是森林生態系永續發展指標的設計，卻是森林永續發展的一大挑戰，沒有周詳的考慮，往往無法合理反應台灣森林發展的永續性，因此，如何找出符合台灣現況，以制定出合情合理的指標系統，將是一個重要的課題。尤其，未來的資料收集將針對

各項指標進行，對於界定未來森林的發展趨勢與不同空間、時間的變遷，有其重要的功能。

### (一) 研究架構

整體而言，本研究所研擬的台灣森林永續指標以邁向森林永續發展為主軸，藉由生物生態層面來著手，利用整合建立的生態系經營地理資料庫進行分析評估，以提供生態系經營管理的資訊，其整體架構可從圖 1 看出。

### (二) 臺灣森林永續發展指標研擬及架構

1. 決定臺灣森林永續發展準則—整合比較世界各國所訂定的準則，並考慮臺灣的狀況，透過專家學者問卷，研擬以臺灣森林為尺度的永續生態系經營的準則架構。

2. 決定臺灣森林永續發展指標

參考國際上各類森林生態系經營指標及國內相關準則與指標研究的內容，得到研究初期的指標架構，並透過問卷方式，收集基層從業人員的建議，將指標內容加以修改，作為後續專家學者問卷設計之內容。並透過專家學者的問卷及討論，彙集各專家學者的意見，而架構出台森林永續經營所需之指標。專家選取主要為學術、政府及民眾三方面；政府方面主要考量在政策的擬定及命令的推行，學術方面則為精僻且前瞻意見之提供，民眾部份則考量公共參與及符合民眾所需的基本立意。三者均以代表性人物(選取方式如表 1 所示)做為意見提供者，除可避免一般民眾對林業專業內容較難了解，亦可減少不必要之成本與時間的耗費。此外政府及學界方面，再細分為林業及非林業領域，故研究初期設定五個領域之專家學者進行選取(如表 2 所示)。

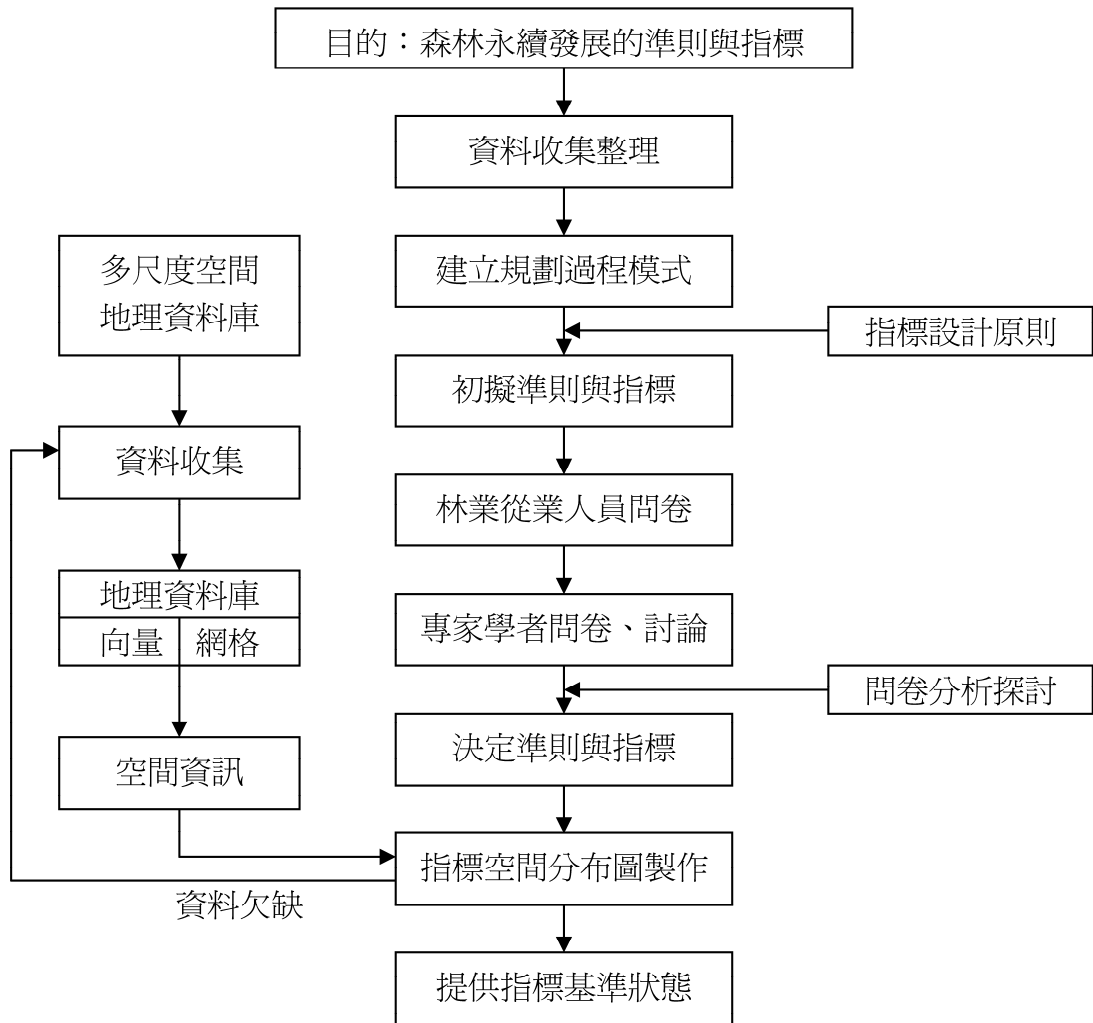


圖 1. 本研究流程圖

Fig. 1. The flow chart of the study.

表 1. 專家學者選取方式

Table 1. Selected expert opinions

| 領域   | 選取原因                                      |
|------|---|
| 學術單位 | 從事森林經營之教學研究工作者。<br>曾發表與本研究主題相關或類似的文章或報告者。 |
| 政府單位 | 森林經營管理單位及上級單位對相關議題具深度了解者。                 |
| 民眾   | 民間單位對本研究主題有一定關心且有足夠之專業知識與認識者。             |

表 2. 受訪專家領域分佈

Table 2. Distribution of visited expert's discipline

| 領 域  | 相 關 單 位  | 人 數 |
|------|--|-----|
| 學術單位 | 林業 森林、資源管理、水土保持…等                                | 25  |
|      | 非林業 經濟、行銷、昆蟲、植物、土地資源、地理、動物、農業化學…等                | 30  |
| 政府單位 | 林業 農委會、林務局、林業試驗所、實驗林管理處…等                        | 43  |
|      | 非林業 觀光局、風景區管理處、國家公園、特有生物研究保育中心、永續發展研究推動委員會、立法院…等 | 30  |
| 民眾   | 民間環保、保育、公益團體                                     | 12  |
| 合 計  |  | 140 |

問卷藉由統計軟體的計算分析，所得結果如表 5 所示。本研究之整體分析以幾何平均數 (G) 和四分位差 (Q) 來表示專家意見集中與分散的情形，並以四分位數 Q1 和 Q3 來計算各問項整體評定之重要性結果，其分析之狀況為：

#### 1. 專家評定之重要性結果

- (1)  $Q_1 \geq 4$ ,  $Q_3 = 5$  時，表示有 75% 的專家學者認定該問項為很重要的指標變項。
- (2)  $Q_1 \geq 3$ ,  $Q_3 \geq 4$  時，表示有 75% 的專家學者認定該問項為重要的指標變項。
- (3) 其餘未達上述標準者，即該指標變項在永續森林經營中未達重要者，需再配合幾何平均數的大小，以決定是否剔除。
- (4) 若幾何平均數的大小未達 3，則決定將之剔除。

2. 是否需要再度進行意見協商，可依據四分位差 Q 值來表示共識程度，當  $Q \leq 0.5$  時為達到高度共識， $0.5 < Q \leq 1$  時為中度共識，則該問項可結束回饋調查； $Q > 1$  時為低度共識，可配合專家學者所建議增列的指標進行討論。

#### (三) 臺灣生態系經營規劃模式

生態系經營規劃是把人當做生態系的一部

分，而不是將人與生態系分開。利用整合建立的生態系經營地理資料庫進行分析評估，由資訊擬出各種可行方案，評估選擇方案，更而規劃、執行計畫、經營，再由監測活動中獲得新知識、技能，以建立新目標，再而需要新資訊、新評估，訂出新決策、新執行方法、方向得以改善，即反覆運轉監測、評估、決策、執行四個步驟的模式，其相互影響情形如圖 2 所示。

### 三、結果與討論

#### (一) 森林生態系經營之準則

森林生態系經營為世界林業經營之潮流及努力方向，其目的在提供森林永續經營時基本原則與方針，期盼能以生態方法，融合人民的需求及環境的價值，以達成國有林及草原地的多目標利用經營，使國有林及草原地呈現出多樣的、健康的、具生產力以及永續的生態系(馮豐隆等，2000)。然而如何能針對當前社會、經濟及森林生態系的環境進行現況的了解與評估，進而給予林業政策上參考改善之依據，即必需建立良好的評估指標。

建立準則並確定價值對於永續森林經營而言是相當重要的工作，就如同森林生態系的內

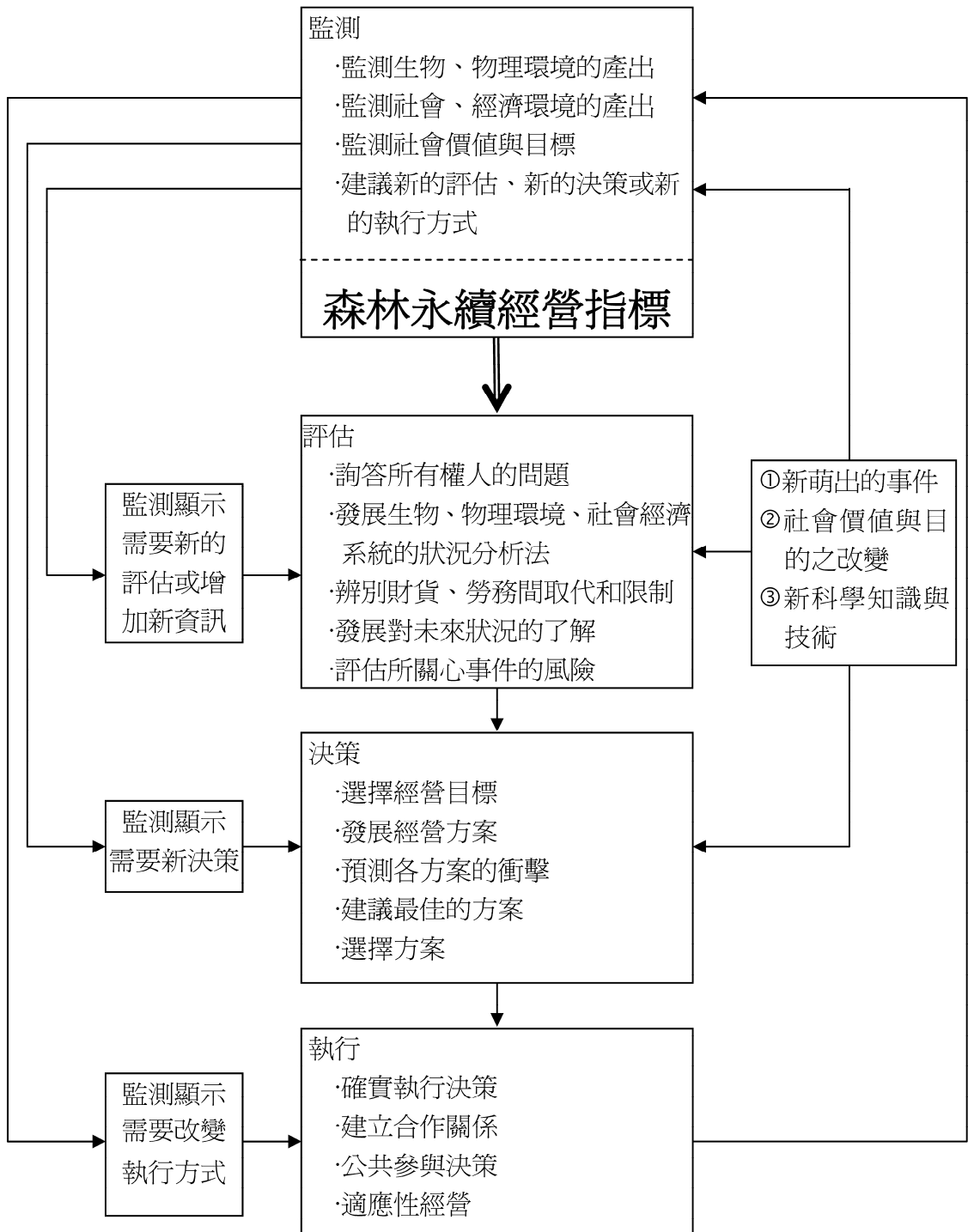


圖 2. 生態系經營規劃模式各步驟彼此互相影響的迴圈 (改自 Haynes *et al.*, 1996)

Fig. 2. Each step of the General Planning Model for ecosystem management has several parts. Because the model is iterative, external or internal influences can initiate any step in the process and the process never ends.

在功能和特質。其生態價值如生物歧異度和森林健康或森林多目標的社經效益，指出其價值就像木材(商業的)、森林遊樂(非工商業的)和文化(消極利用)。指標被確認的重點是它的變化值，可以用來量測準則。準則和指標的架構在國家政策和執行的條件下，可以提供永續森林經營的訂定、一般性的瞭解和確切的定義。

當前世界各國均對永續發展的相關指標進行探討及研究，然而其早在 1992 年里約地球高峰會議時，此相關指標即已受到重視，聯合

國永續發展委員會更在 1995 年批准永續發展指標的工作計畫，其目標在於促使各國決策者於公元 2000 年以前得以採行永續發展指標，並發展出自己的國家計畫；致使各國不斷推出其永續指標的系統，而當中除指標之選取及建構外，指標間縱向的連結理論更為架構時重要的一環，它可提供指標間的關聯性，並可給予指標在提供政策上的明確參考。因此參考國際上各國或組織的森林生態系經營準則的內容，整理如表 3 所示。

表 3. 各林業組織及研究森林生態系經營生物、生態層面之準則之明細表

Table 3. The criteria for sustainable forest management in biology and ecology in International forestry organization and study

| 準則因子<br>前人研究        | 森林<br>資源 | 生 物<br>歧異度 | 健康與<br>生命力 | 生產<br>機能 | 水土<br>資源 | 環境<br>控制 | 碳循環<br>貢 獻 |
|---------------------|----------|------------|------------|----------|----------|----------|------------|
| ITTO (1992)         | *        | 多樣性        |            |          |          | *        |            |
| Helsinki (1994)     | *        | *          | *          | *        | *        |          |            |
| Montreal (1995)     |          | *          | *          | *        | *        |          | *          |
| Tarapoto (1995)     | *        | *          |            | *        | *        |          |            |
| Lepaterique (1997)  | *        | *          | *          | *        |          |          | *          |
| Canadian (1997)     |          | *          | *          | *        | *        |          | *          |
| 馮、高 (2000)          |          | *          | *          | *        | *        |          | *          |
| Davis et al. (2001) |          | *          | *          | *        | *        |          | *          |
| Liu et al. (2002)   |          | *          | *          | *        | *        |          | *          |
| ITTO (2002)         | *        | *          | *          | *        | *        |          |            |

資料來源：肖文發等，1998；(高義盛等，2000) 馮豐隆等，2000；鄭蕙燕，2002；Canadian Council of Forest Ministers, 1995；Canadian Forest Service, 1997, 1998；Davis *et al.*, 2001；FAO, 2000；FAO/UNEP, 1996；IISD, 2002；ITTO, 2002；Liu *et al.*, 2002；Prasad, 1999；The Montreal Process, 1995；The Pro Tempore Secretariat if the Amazon Cooperation Treaty, 1995；The Santiago Agreement, 1995；UNEP/FAO, 1995

考慮臺灣森林經營的經濟性、公益性和永續性，針對臺灣森林之生物、生態的特性，並依據國際上各類森林生態系經營準則的內容，擬針對生物、生態層面加以探討，研擬以臺灣森林為尺度的永續生態系經營的準則架構，經由專家學者問卷分析發現具有高度的共識，最後研擬出的結果如圖 3 所示。

在“森林資源準則”方面，就臺灣森林資

源的現況，來訂定評估的指標。

在“生物多樣性準則”方面，針對臺灣森林生物多樣性保育，就生態系、物種、基因多樣性訂定指標，以供臺灣生態系經營之依據。

在“森林健康準則”方面，就臺灣森林永續經營的觀點，針對影響森林健全發展的因子進行訂定評估指標。

在“森林生產力準則”方面，就臺灣森林

林木、非林木之生產潛能、經濟林地狀況、林木生產量等，來訂定評估的指標。

在“森林保安準則”方面，針對影響臺灣國土保安、水土保育的因子，如森林覆蓋率、保安林種類、分布、土壤結構等，來訂定符合

國土監測的指標，以永續利用國土資源。

在“碳循環貢獻準則”方面，就全島對碳循環的作用加以量化，以提供碳循環的各項指標，進而維護全球環境。

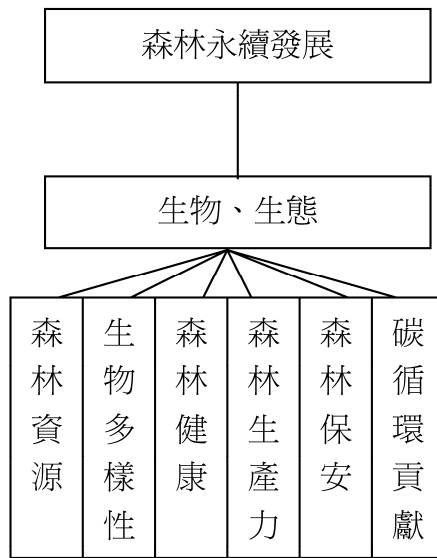


圖 3. 臺灣森林永續生態系經營生物、生態方面的準則架構

Fig. 3. The framework of criteria for sustainable forest management in biology and ecology in Taiwan.

(二) 臺灣森林永續發展指標研擬及架構

本研究第一階段問卷調查於民國 92 年 10 月 17 日至 11 月 15 日止，共回收了有效問卷

81 份，回收率為 57.86%，相關資訊如表 4 所示；

表 4. 受訪專家問卷回收情形

Table 4. Recycles the effective questionnaire

| 領 域  | 人 數 | 問卷回收 |
|------|-----|------|
| 學術單位 | 25  | 18   |
| 林業   |     |      |
| 非林業  | 30  | 16   |
| 政府單位 | 43  | 32   |
| 林業   |     |      |
| 非林業  | 30  | 15   |
| 民眾   | 12  | 0    |
| 合 計  | 140 | 81   |



根據研究方法所述之評定標準，第一階段之間卷結果，除森林生產力準則中，森林遊樂指標的「森林遊樂區門票收入」變項，其幾何平均數未達 3，予以刪除外，所有的指標變項皆以達到選取標準，結果如表 5 所示。

經過整理分析後，所得之準則指標如下：

#### 1. 森林資源準則

台灣森林的永續發展必須建立在森林資源永續的基礎上，若要維護森林資源的永續，就必須瞭解森林資源的狀況。

##### 指標 1：林地面積－

- (1)各林型的分布狀況 (包括天然林和人工林)
- (2)定期間更新造林、伐木的分布狀況

##### 指標 2：非林地面積－

- (1)在非林地的森林面積 (包括平地造林、農地造林、行道樹、公園綠地等)

##### 指標 3：蓄積－

- (1)各林型單位面積蓄積量、生物量

#### 2. 生物多樣性準則

生物多樣性包含從完整生態系到遺傳因子的各階層組織，維持自然的起源及陸域的生態多樣性是確保物種在經過數量增加及適應力變化後仍能維持其生存能力的關鍵。臺灣林業經營由過去的木材生產、多目標經營，到現今朝向森林生態系經營，有必要針對生物多樣性進行瞭解、評估、保育，以使臺灣森林生態系永續發展。

##### 指標 1：遺傳多樣性－

- (1)已有或正在研究種源之物種及數量
- (2)母樹林、採穗園之種類與面積分布

##### 指標 2：物種多樣性－

- (1)稀有、瀕危、受威脅和原生種的數量分布和面積
- (2)種豐富度和歧異度
- (3)台灣特有種、種群的數量及分布

##### 指標 3：生態系多樣性－

- (1)森林生態系的分布 (植生型、植群型的種類) 及面積

- (2)保護區、保留區位置與面積

- (3)各保護區、保留區內各林型之面積比例

- (4)目前各林型與齡級所佔比例及面積

#### 3. 森林保安準則

臺灣山高谷深，在從事森林生態系經營時，對於國土保安、水土保育等保安功能需求殷切，有效針對森林保安的措施，進行經營管理，以保護人民生命財產的安全。

##### 指標 1：土壤保護－

- (1)物理因子 (種類分布、溼度、深度、地下水位高等)
- (2)化學因子 (pH 值、有機碳、氮、磷、鉀等養分分布情形)
- (3)土壤團粒結構因子

##### 指標 2：水源保護－

- (1)林地水域面積分布
- (2)林地水域之水質優劣程度
- (3)集水區範圍

##### 指標 3：環境保護－

- (1)森林覆蓋率、森林地被植物覆蓋程度的分布狀況
- (2)各種保安林的面積及其內林型分布
- (3)林道分布長度及廊道面積

#### 4. 森林健康準則

森林健康關係到整個臺灣森林生態系的完整性及活力，對於危害森林健康的各項因素應有效掌握因應，以維持森林生態系健康及生命力。

##### 指標 1：天然危害－

- (1)病害、蟲害之危害面積分布
- (2)風災、水災、旱災、震災等天災之危害面積分布

##### 指標 2：人為干擾－

- (1)超限利用的面積 (如農藝作物、園藝果樹、都市擴大、非允許之遊憩活動)
- (2)濫墾、濫伐、濫葬、棄土的面積及分布
- (3)各種環境污染的面積及分布
- (4)外來物種危害之面積及分布
- (5)火災之危害面積、數量及分布

表 5. 問卷分析結果

Table 5. The analysis result of questionnaire

| 指標範疇                 | 項目           | 四分位差                                 | 幾何平均數 | 重要度  | 刪除  |   |
|----------------------|--------------|--------------------------------------|-------|------|-----|---|
| (一)森林資源準則            | 1. 林地面積      | (1)各林型的分布狀況(包括天然林和人工林)               | 0.50  | 4.49 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)定期間更新造林、伐木的分布狀況                   | 1.00  | 3.67 | 重要  |   |
|                      | 2. 非林地面積     | (1)在非林地的森林面積(包括平地造林、農地造林、行道樹、公園綠地等)  | 1.00  | 3.67 | 重要  |   |
|                      | 3. 蓄積        | (1)各林型單位面積蓄積量、生物量                    | 0.50  | 4.37 | 很重要 |   |
| (二)生物多樣性準則           | 1. 遺傳多樣性     | (1)已有或正在研究種源之物種及數量                   | 0.50  | 4.17 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)母樹林、採穗園之種類與面積分布                   | 0.50  | 4.03 | 很重要 |   |
|                      | 2. 物種多樣性     | (1)稀有、瀕危、受威脅和原生種的數量分布和面積             | 0.50  | 4.50 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)種豐富度和歧異度                          | 0.50  | 4.21 | 很重要 |   |
|                      |              | (3)台灣特有種、種群的數量及分布                    | 0.50  | 4.42 | 很重要 |   |
|                      | 3. 生態系多樣性    | (1)森林生態系的分布(植生型、植群型的種類)及面積           | 0.50  | 4.37 | 很重要 |   |
| (2)保護區、保留區位置與面積      |              | 0.50                                 | 4.11  | 很重要  |     |   |
| (3)各保護區、保留區內各林型之面積比例 |              | 0.50                                 | 3.67  | 重要   |     |   |
| (4)目前各林型與齡級所佔比例及面積   |              | 0.50                                 | 3.50  | 重要   |     |   |
| (三)國土保安準則            | 1. 土壤保護      | (1)物理因子(種類分布、溼度、深度、地下水位高等)           | 1.00  | 4.04 | 重要  |   |
|                      |              | (2)化學因子(pH值、有機碳、氮、磷、鉀等養分分布情形)        | 0.50  | 3.73 | 重要  |   |
|                      |              | (3)土壤團粒結構因子                          | 0.50  | 3.65 | 重要  |   |
|                      | 2. 水源保護      | (1)林地水域面積分布                          | 1.00  | 3.98 | 重要  |   |
|                      |              | (2)林地水域之水質優劣程度                       | 0.75  | 4.10 | 重要  |   |
|                      |              | (3)集水區範圍                             | 0.50  | 4.14 | 很重要 |   |
|                      | 3. 環境保護      | (1)森林覆蓋率、森林地被植物覆蓋程度的分布狀況             | 0.50  | 4.37 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)各種保安林的面積及其內林型分布                   | 0.50  | 4.03 | 很重要 |   |
|                      |              | (3)林道分布長度及廊道面積                       | 1.00  | 3.74 | 重要  |   |
| (四)森林健康及活力準則         | 1. 天然危害      | (1)病害、蟲害之危害面積分布                      | 0.50  | 4.19 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)風災、水災、旱災、震災等天災之危害面積分布             | 0.50  | 4.09 | 很重要 |   |
|                      | 2. 人為干擾      | (1)超限利用的面積(如農藝作物、園藝果樹、都市擴大、非允許之遊憩活動) | 0.50  | 4.33 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)濫墾、濫伐、濫葬、棄土的面積及分布                 | 0.50  | 4.31 | 很重要 |   |
|                      |              | (3)各種環境污染的面積及分布                      | 0.75  | 3.98 | 重要  |   |
|                      |              | (4)外來物種危害之面積及分布                      | 1.00  | 3.93 | 重要  |   |
|                      |              | (5)火災之危害面積、數量及分布                     | 0.75  | 4.03 | 重要  |   |
|                      | 3. 森林配置      | (1)具有天然更新苗之森林面積                      | 1.00  | 3.78 | 重要  |   |
|                      |              | (2)人工林的種類、面積、林分結構和林分生長情形             | 1.00  | 3.91 | 重要  |   |
|                      |              | (3)次生林的種類、面積、林分結構與林分生長的情形            | 0.00  | 3.96 | 重要  |   |
|                      | 4. 生物指標      | (1)生物指標的分布情形                         | 0.50  | 3.91 | 很重要 |   |
|                      |              | (2)地景指標的分布情形                         | 0.50  | 3.73 | 重要  |   |
| (五)森林生產力準則           | 1. 林木生產      | (1)經濟林地適合樹種的評估                       | 0.75  | 3.87 | 重要  |   |
|                      |              | (2)木材生產量與消費量                         | 0.75  | 3.55 | 重要  |   |
|                      |              | (3)經濟林之林型的面積分布、林齡、蓄積量及生長量            | 0.50  | 4.02 | 很重要 |   |
|                      |              | (4)經濟林面積占森林的比例                       | 1.00  | 3.70 | 重要  |   |
|                      | 2. 非林木生產     | (1)森林副產物的種類、地點及面積                    | 0.50  | 3.43 | 重要  |   |
|                      |              | (2)森林副產物的貯存量、生產量、消耗量                 | 0.50  | 3.41 | 重要  |   |
|                      | 3. 森林遊樂      | (1)遊樂區地點分布、面積與和全國森林面積的比例             | 1.00  | 3.83 | 重要  |   |
|                      |              | (2)各森林遊樂區每年、每月遊客人次                   | 1.00  | 3.57 | 重要  |   |
|                      |              | (3)各森林遊樂區門票收入                        | 0.50  | 2.89 | 重要  | V |
| (六)碳吸存與釋放貢獻          | 1. 二氧化碳吸存與釋放 | (1)土壤的碳收支                            | 1.00  | 3.83 | 重要  |   |
|                      |              | (2)森林方面 CO <sub>2</sub> 吸存與釋放        | 0.50  | 4.29 | 很重要 |   |
|                      |              | (3)林產物的碳收支                           | 0.50  | 3.80 | 重要  |   |

指標 3：森林配置－

- (1)具有天然更新苗之森林面積
- (2)人工林的種類、面積、林分結構和林分生長情形
- (3)次生林的種類、面積、林分結構與林分生長的情形

指標 4：生物指標－

- (1)生物指標的分布情形
- (2)地景指標的分布情形

5. 森林生產力準則

臺灣木材需求量依賴進口達 99% 左右 (林務局 1998)，自給率偏低。面對國際環保聲浪，可能面臨無木材可用的窘境及國際批評。而森林生產力是森林生態系經營重要的一環，有必要針對臺灣木材生產區進行評估、規劃及經營。

指標 1：林木生產－

- (1)經濟林地適合樹種的評估
- (2)木材生產量與消費量
- (3)經濟林之林型的面積分布、林齡、蓄積

量及生長量

- (4)經濟林面積占森林的比例

指標 2：非林木生產－

- (1)森林副產物的種類、地點及面積
- (2)森林副產物的貯存量、生產量、消耗量

指標 3：森林遊樂－

- (1)遊樂區地點分布、面積與和全國森林面積的比例
- (2)各森林遊樂區每年、每月遊客人次

6. 碳循環貢獻準則

雖然臺灣不大，但碳循環對全球溫室效應、臭氣層破壞、生態系影響等，亦應盡地球村一分子的責任。

指標 1：二氧化碳吸存與釋放－

- (1)土壤的碳收支
- (2)森林方面 CO<sub>2</sub> 吸存與釋放
- (3)林產物的碳收支

故本研究所建構的永續森林經營之準則與指標圖示如下：

| 生物生態         |               |             |             |              |                          |
|--------------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------|
| 森林資源         | 生物多樣性         | 國土保安        | 森林健康及活力     | 森林生產力        | 碳循環貢獻                    |
| 林地面積<br>(2)  | 遺傳多樣性<br>(2)  | 土壤保護<br>(3) | 天然危害<br>(2) | 林木生產<br>(4)  | CO <sub>2</sub> 吸存與釋放(3) |
| 非林地面積<br>(1) | 物種多樣性<br>(3)  | 水源保護<br>(3) | 人為干擾<br>(5) | 非林木生產<br>(2) |                          |
| 蓄積(1)        | 生態系多樣性<br>(4) | 環境保護<br>(3) | 森林配置<br>(3) | 森林遊樂<br>(2)  |                          |
|              |               |             | 生物指標<br>(2) |              |                          |

圖 4. 森林經營準則與指標架構

Fig. 4. The framework of criteria and indicators for sustainable forest management in biology and ecology. Note: The number of ( ) expresses the target project number.

註：( )中數字為各指標所含項目數

### (三) 建立指標的空間評估方法

森林永續發展指標的作用在使我們對於森林環境的現況與未來趨勢有所認知，也是幫助我們更朝向永續森林的工具。為提供決策者及民眾此參考的指標，必須先多方蒐集各種環境生態等的歷年資料進行整理，有了詳細完整的資料才可針對各項資料進行和其他指標及大環境的比較，也才能選出較具代表性的指標。所有的資料，都應該有正式且一致的定義與結構，否則它所發展出來的分析功能，將沒有任何意義(葉俊榮等，1999)。

地理資訊系統(GIS)的引進對於林業資料整合、分析與空間展示上，開創了新的紀元，特別是在具有多方面的資料來源時，從全球尺

度到地方尺度都可以整合一起。本研究中，原則上將各項指標以空間地圖的形式來表示，如果無法以空間形式表示，次而選擇定量資料，最後才會考慮定性資料。並將地理空間資料庫歸類為地形、氣候、土壤、水文、地覆、物種、交通、災害、資源調查及人文特性資料等十大資料庫，並應用地理空間資料庫來提供森林永續發展準則與指標的現況、功能及變遷(圖5)，進行台灣永續森林生態系經營的準則與指標之評估，以為臺灣森林生態系經營執行、監測是否有永續性之依據。資料庫的建立將以台灣地理空間資料庫建立的架構為主，累積及蒐集台灣二、三十年來的資料，支持台灣森林永續發展指標評選與決策模擬的工作。

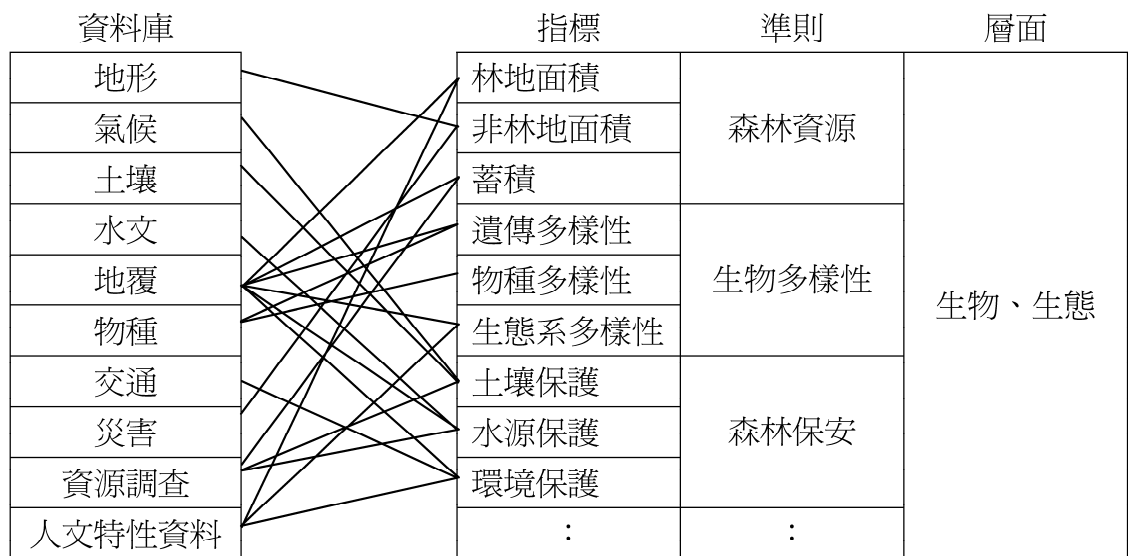


圖 5. 生物生態層級之地理空間資料庫應用架構

Fig. 5. The construction of spatial geo-referenced database in biology and ecology level.

在表現指標現況的空間分布圖，皆以台灣為指標空間分布製圖的範圍，現以森林資源準則的指標 1—林地面積為例子，進行製圖。

森林資源準則—指標 1：林地面積

- (1)各林型的分布狀況(包括天然林和人工林)
  - (2)定期間更新造林、伐木的分布狀況
- 國有林範圍之林型分布圖乃利用第三次森

林資源調查的航空照片進行林型的判識所得出(林務局，1995 圖 6)。而造林及伐木分布狀況，可以利用全台灣各林管處之造林台帳(圖 7)與伐木台帳(圖 8)資料求得(由於本研究室尚未取得台灣整體資料，先以中興大學惠蓀實驗林場為製圖的例子)，目前林務局已將資料轉換成數值檔，建立於「造林資訊系統」下，未來將可利用此系統提供資料，進行指標的求算。

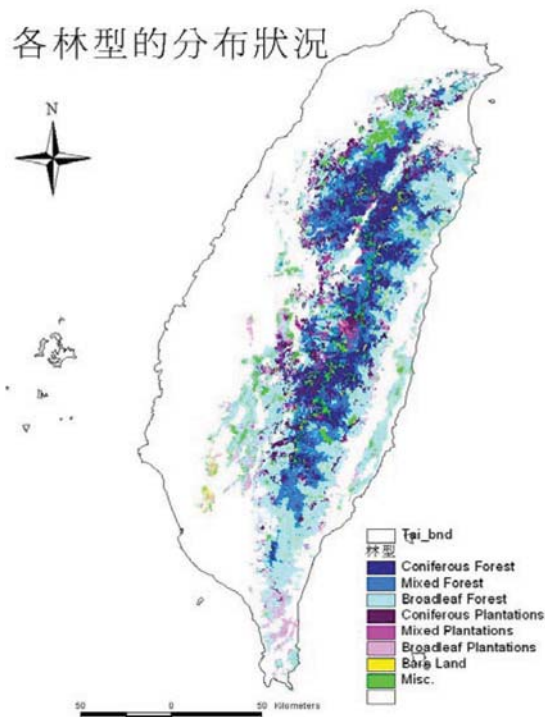


圖 6. 台灣國有林林型分布圖

Fig. 6. The distribution of forest type in Taiwan national forest.

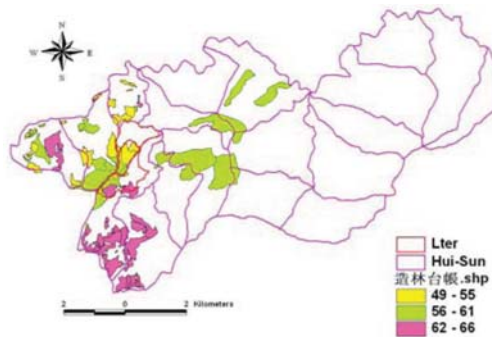


圖 7. 惠蓀林場造林地造林年代與面積分布圖

Fig. 7. The distribution of planting time and area in planting site on Huisun.

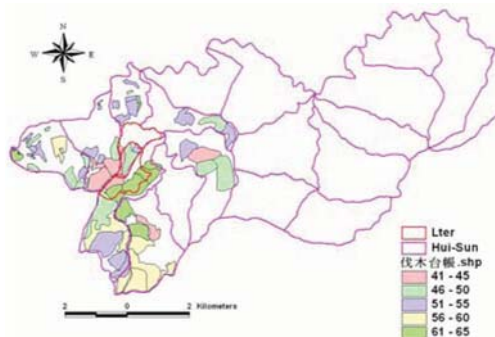


圖 8. 惠蓀林場伐木地造林年代與面積分布圖

Fig. 8. The distribution of cutting time and area in cutting site on Huisun.

#### 四、結論與建議

本研究的結論如下所示：

1. 擬定台灣森林永續發展的準則與指標，提供經營管理的資訊－生態系經營準則與指標的訂定必須符合簡單化、科學化、量化、全面化及多尺度層級的原則，且準則與指標相互間是相容並存的。建立準則並確定價值對於永續森林經營是相當重要的工作，就如同森林生態系的內在功能和特質。準則和指標的架構在國家政策和執行的條件下，可以提供永續森林經營的訂定、一般性的瞭解和確切的定義。更而能針對所需生態值進行調查、評估、決策規劃、執行經營、監測與適應策略，以提供生態系經營管理的資訊，並做為臺灣林業發展之依據。
2. 擬定生態系經營規劃模式流程，可以做為未來修正指標或進一步蒐集資訊之用－台灣森林永續發展的準則與指標雖已擬定完成，並接受相關學者專家意見作必要修正，但仍有待進一步藉由資訊的可取得性與可行性評估，不斷的修正指標。並藉由臺灣生態系經營規劃過程模式系統，修正指標或進一步蒐集資訊。而且在建立台灣森林永續發展指標之後，是否有完善的操作、管理、適應、調整亦是重點所在，否則指標不過是一份書面文件罷了。所以是否有確實落實生態系經營規劃模式流程及指標的評估、監測與調適，是未來的重要工作。
3. 利用 GIS 建立指標評估方法，可以更容易掌握台灣的各指標的空間資訊－以 GIS 表達指標與準則的空間資訊，可以使吾人容易掌握其問題及嚴重性較多的地方，加以針對問題，密集集中火力的研究與研擬對策，甚至可供各林班、事業區、林管處之永續經營使用。

建議如下：

1. 資料欠缺的部份應盡快尋求補正，以確保指標運作－目前訂定的指標中，除部分資料不足或尚未取得調查資料或名詞定義不是很清

楚的指標外，大部分的指標評估空間分布圖皆已建立。其中資料不足的部分包括利用遙測技術獲得生物量及天然危害的分布、國內林木種源分布狀況、土壤地下水位、土壤化學因子的分布、土壤團粒結構、林地水域面積及水質優劣程度、外來物種危害之面積、天然更新苗之森林面積、森林健康生物指標的訂定與其分布情形、森林副產物的調查、二氧化碳的吸存與釋放計算等，而尚未取得的調查資料則包含林務局的造林資訊系統資料庫、國家步道系統、超限利用、濫墾、濫伐、濫葬、棄土的面積及分布、農委會所建立之『物種資料庫』等，至於次生林、經濟林地的界定，也是刻不容緩的。

2. 應整合相關資料，達到資料共享，節省人力、物力的支出－由於過去已有的資料，因年代不同、目的不同，因此，資料型態、內涵亦可能不同，而其記錄又不齊全，更為應用推廣之大傷，因此整合各方面的資料庫的工作非常繁雜、困難，而政府各相關部門的資料又未互相流通，導致資料重複收集，甚至調查的結果差異甚大，導致調查資源上的浪費，建議應整合各個單位的資料，讓資料能夠相互利用，並整合各單位的資源調查，除在人力、財力上可節省外，在資料更新上亦可見宏效。在行政上各環節之配合亦必須協調，由農委會、環保署、林務局、水保局…等政府單位與林試所、水規會、特有生物中心各大學等學術研究單位共同負責統一規劃、訓練及資料整合分析、資訊發佈事宜，而各個管理處則負責所轄轄區樣區設置、調查、維護及資料更新，整合性的資源調查方為可行。也才能達成資源資訊蒐集分析，確實落實森林永續發展指標的評量，更而提供各級單位，支援生態系經營管理決策與政策擬定。
3. 未來需訂定資料處理機制的相關規範與各指標的基準值－由於台灣森林永續發展的指標已擬定完成，共計 25 個指標 75 個項目，對

永續經營的評估來講，尚欠缺部分資料及更新、彙整、處理資料的機制。因此資料的收集與更新將是刻不容緩，而未來尚需進行研究的方向，除了要設立指標的監測評估基準年、多久需要更新資料及建立指標自動評估、警幟系統之外，亦要探討各個指標的變動量是上升或者是下降多少，對森林永續發展才具有正面效應。另外，亦需再研究如何將每個準則下的指標加以整合，使準則能夠用一個或數個量化值或空間圖層來表示，進而將整個森林生態系中的各個準則整合成一個或數個量化值或空間圖層。

## 五、謝致

本研究承行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 92-00-2-04 經費補助，謹此致謝。

## 六、引用文獻

- 肖文發、劉金龍、馬娟(1998)我國亞熱帶森林可持續經營的標準與指標探討。林業資源管理森林可持續經營。1998 北京學術研討會論文集。47-51 頁。
- 林務局(1995)第三次台灣森林資源及土地利用調查。台灣省農林廳林務局。258 頁。
- 林務局(1998)林業統計。農委會林務局。
- 洪富文(1997)永續森林經營的準則與指標。台灣林業 23(6) : 7-16。
- 高義盛、馮豐隆(2000)準則和指標：談加拿大的永續經營的量測。台灣林業 26(2) : 50-61。
- 馮豐隆、高義盛(2000)臺灣森林生態系經營準則和指標之研擬。林業研究季刊 22(1) : 79-90。
- 葉俊榮、劉錦添、李玲玲、駱尙廉、黃書禮、王俊秀、孫志鴻、蔡慧敏、施文真(1999)永續台灣的評量系統(八十八年度成果報告)。行政院國家科學委員會專題研究計畫。1-69, 101-199 頁。
- 劉一新譯(1997)加拿大森林永續經營之準則與

指標。行政院農業委員會林業試驗所。林業叢刊第 120 號。135 頁。

- 鄭蕙燕(2002)建構生物多樣性指標與量化準則之研究。農委會委辦計畫報告。53 頁。
- Canadian Council of Forest Ministers. (1995) Definition Sustainable Forest Management- A Canadian Approach to Criteria and Indicators. Canadian Council of Forest Ministers Ottawa, Canada. 22.
- Canadian Forest Service. (1997) Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management in Canada : Technical report. 137.
- Canadian Forest Service. (1998) Criteria and Indicators : Measuring Sustainable Forest Management. The State of Canada's Forests 1998-1999 p.62-72.
- Davis, L. S., K. N. Johnson, P. S. Bettinger and T. E. Howard (2001) Forest Management. 4th McGraw-Hill. New York
- FAO (2000) Asia-Pacific Forestry Commission: Development of National-Level Criteria and Indicators for the Sustainable Management of Dry Forests of Asia: Background Papers.- Proposed set of criteria and indicators for dry forests of south Asia.
- FAO/UNEP (1996) National-level criteria and indicators for sustainable forest management for the near east. Later on endorsed by the 12th Session of the Near East Forestry Commission (Cairo, Egypt 21 - 24 October 1996)
- IISD (2002) Bellagio Principles. <http://www.iisd.org/measure/bellagio1.htm>.
- ITTO (2002) <http://www.itto.or.jp/>
- Liu, M. C., T. R. Lee, J. S. Lee and T. M. Yen (2002) Application Fuzzy Theory to Development Criteria and Indicators of Forest Ecosystem Management in Taiwan.
- Prasad, R. (1999) History of Forest Management

- in India (Report). Indian Institute of Forest Management, Bhopal, India (Mimeo)
- Ravi, P. C., J. P. Colfer and R. G. Dudley. Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. The Criteria And Indicators Toolbox. p.137-148
- The Montreal Process. (1995) Criteria and Indicators for the Conservation and Sustainable Management of Temperate and Boreal Forest.
- The Pro Tempore Secretariat of the Amazon Cooperation Treaty (1995) Proposal of Criteria and Indicators for Sustainability of the Amazon Forest 45pp.
- The Santiago Agreement (1995) Criteria and Indicators for the Conservation and Sustainable Management of Temperate and Boreal Forests Journal of Forestry April 1995 p.18-21.
- UNEP/FAO (1995) National-level criteria and indicators for sustainable forest management in dry zone Africa. Later on endorsed by the 10th Session of the African Forestry and Wildlife Commission, South Africa, 27 November - 1 December 1995.
- Haynes, R. W., R. T. Graham, and T. M. Quigley (1996) A Framework for Ecosystem Management In the Interior Columbia Basin. United States Department of Agriculture Forest Service Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregon. General Technical Report PNW-GTR-385.