

棲蘭山檜木林不同干擾強度下 植物多樣性之研究

魏瑞廷¹、陳子英^{2*}

1. 台東林區管理處
2. 國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

摘要

本文係研究棲蘭山檜木林四種不同干擾強度下之植群組成結構、物種多樣性及林分恢復之情形，利用(1)重要值指數比較分析不同干擾強度下各植群組成結構的差異；(2)物種豐富度及物種多樣性指數(Shannon 指數)比較分析不同層次物種多樣性之變化；(3)降趨對應分析(DCA)軸長分析比較不同干擾強度之林分恢復情形。結果顯示，(1)在不同干擾強度下各植群組成結構：冠層之優勢樹種係以台灣扁柏、紅檜及台灣鐵杉為主；次冠層則以薯豆、白花八角、早田氏冬青、台灣杜鵑及高山新木薑子等為主；灌木層以深山野牡丹、假矜木及台灣扁柏苗木等為主；草本層以玉山箭竹、瘤足蕨屬及鱗毛蕨科之物種為主，而本研究在人為干擾林分中發現在灌木層有天然下種更新之台灣扁柏小苗，未來將可能取代現有的紅檜人工造林；(2)不同層次物種多樣性之變化：冠層以 160 林道天然林的物種多樣性指數高於其他林分；在次冠層方面以 160 林道天然林的物種多樣性指數高於其他林分；在灌木層方面以 130 林道天然林的物種多樣性指數高於其他林分；在地被層方面以檜木保育更新地的物種多樣性指數高於其他林分；(3)不同干擾強度之林分恢復情形：冠層已恢復至天然林階段；次冠層、灌木層及地被層由於受人為干擾強度影響，目前仍處於恢復階段。

關鍵詞：恢復、物種多樣性、物種豐富度、降趨對應分析法

Different Disturbance Intensity Situation of Plant Diversity of Chamaecyparis Forest in Chilanshan, Northeast of Taiwan

Jui-Ting Wei¹ Tze-Ying Chen^{2*}

1. Taitung Forest District Office
2. Department Forestry and Natural Resources, National I-Lan University

Abstract

This study analysed the four different disturbance intensity situation of vegetation composition structure, species diversity and forest restoration condition of cypress forest in Chilanshan. The important value index(IVI) was used to

analysis under different disturbance intensity in different vegetation compositions. Species richness and species diversity index (Shannon Index) comparative analysis of the changes in species diversity at different levels, Destrend correspondence analysis(DCA) axial length analysis compared the restoration difference between forests in different disturbance intensity. The results showed that 1. disturbance intensity in different layer of vegetation composition: dominant species in canopy layer of the forest were *Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*, *C. formosensis*, and *Tsuga chinensis*, tree layer was dominant by *Elaeocarpus japonicus*, *Illicium anisatum*, *Ilex hayataiana*, *Rhododendron formosanum* and *Neolisteia acuminatissima*, the shrub layer was dominant by *Barthea barthei*, *Eurya crenatifolia* and seedling of *C. obtusa* var. *formosana*, and the herbaceous layer was dominant by *Yushania niitakayamensis*, *Plagiogyria* spp. and *Dryopteridaceae*. We founded that the shrub layer after human interference which have *C. obtusa* var. *formosana* seedling regeneration, which might further replace the present plantation. 2. Chang of species diversity at different layers: the canopy and tree layer of natural forests at forest road No. 160 were higher species diversity index than other forests, the shub layer in natural forests at forest road No. 130 were higher species diversity index than other stands, and the ground layer in natural regeneration cypress forest were higher species diversity index than other stands, 3. Forest restoration in different disturbance, of the canopy layer has been restored to natural forest stage. However, the tree layer, shrub layer and ground layer disturbance were still in recovery phase layer.

Keywords: restoration, species diversity, species abundance, Destrend correspondence analysis

*Corresponding author. E-mail: tichen@mail.niu.edu.tw

前 言

森林係陸域生態系的主體，其所涵蓋之各種森林植群的質量均直接影響著自然生態系之功能(覃等，2005)，因此在保護森林物種多樣性、維護森林生態系的更新及恢復等研究皆有其研究價值，而這些研究均以兼顧森林生態系之多樣性為首要目標(朱等，2006)。近年來由於環保意識的高漲，民眾逐漸對於環境保護及維持全球性碳循環的平衡有更進一步之關切與認知，因此在各方的努力下，目前台灣正積極朝生態環境的保育及生物多樣性保護的目標邁進，減少人為干擾及破壞，讓自然生態環境回歸最原始的生存狀態。因此未來森林的物種多樣性、更新及恢復之研究，將成為整個森林生態學研究的重點之一(Pitkanen, 2000；葉等，2004；覃等，2005；朱等，2006；朱等，2006)。

棲蘭山地區主要以台灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)及紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、槲櫟類(殼斗科)及樟科等物種所組成，其擁有的檜木林面積是全台之首，在台灣具有一定的代表性及需受保育的程度。所謂保育係指對自然資源作合理的利用與妥善的保存，由於台灣地區土地有限，為融合此兩目標需有合理

的森林生態經營理念，方可求得一體兩面的平衡；森林生態系經營強調森林資源多樣性與永續性，其目標即依生態系經營理念進行森林林木資源、野生動植物、合理的森林利用及生態旅遊等多元化的永續作業，以維護森林生態系之完整。過去本區域也有許多的資源調查(王，2000；朱，2004；陳等，2002；魏和陳，2007)，然並未針對同一地區的檜木生態系進行天然林及檜木枯立倒木更新地之森林資源多樣性進行調查，因此本次研究係針對棲蘭山境內，各種不同干擾尺度之檜木林進行調查，探討不同經營方式所產生之干擾強度，對於物種多樣性影響及瞭解植群組成結構與林分更新恢復情形。藉此瞭解棲蘭山境內整體檜木林的變化及各種植物在不同經營作業下空間上的分布情形，以提供林業相關單位及後續研究學者，在自然資源保育與維護生物多樣性經營上之參考(Pitkanen, 1998)，或作為森林動態基礎資料庫的依據。

環境概述

一、研究區域

棲蘭山地區位於宜蘭縣、新竹縣、桃園縣等三縣市

之交界處，地理位置位於中央山脈西翼地質區內的雪山山脈北段，以喀拉業山主脊稜線向東北延伸，經馬惱山、眉有岩山、唐穗山、棲蘭山至拳頭母山之雪山山脈主脊稜線兩側大片山區皆屬其範圍，平均高度為海拔約 2,000 m。本研究調查區域，位於棲蘭山境內 130、160 及 170 林道處的天然林、檜木保育更新地、整理林及人工林(圖 1)。

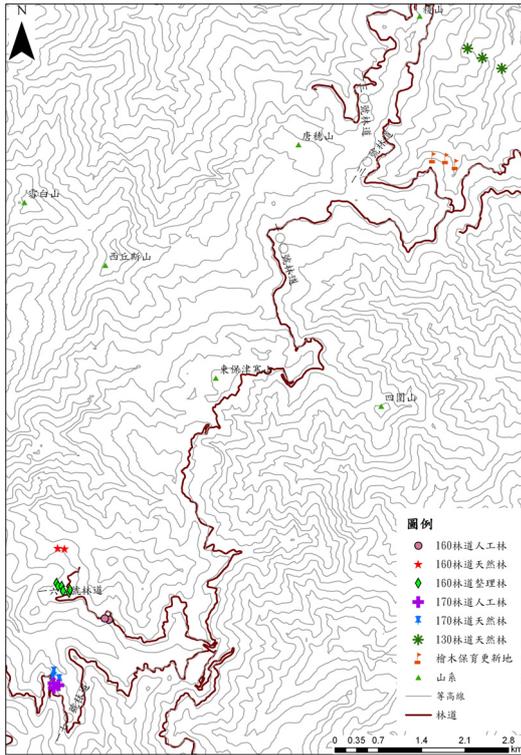


圖 1 棲蘭山地區樣區位置
Fig.1 Location of research plots at Chi-Lan mountain

二、氣候

本研究以棲蘭山氣象站所測得之氣象資料為依據，年降雨量約 2,444 mm，且多集中於 7 月至 10 月；年平均溫度為 11.9 °C，最高溫為 8 月的 16.8 °C，最低溫為 1 月的 5.1 °C，於冬季偶有降雪。依此地氣候狀況在台灣地理氣候區之劃分上屬於西北內陸；在山地植群帶之區分屬櫟林帶之上層及下層，此帶係山地盛行雲霧帶之範圍，屬恆濕型氣候，濕度大，全年無乾季(Su, 1984b)，在景觀上稜線與上坡以針葉樹之檜木類樹種為主，溪谷與下坡部份則以針葉樹之檜木類樹種(主要以紅檜為主)與闊葉樹種形成針闊葉混生林(陳等, 2002；魏和陳, 2007)。

三、地質與土壤

棲蘭山地質大部分都經過變硬或變質的第三紀巨厚泥質沈積岩組成，包括深灰或灰黑色劈理良好的硬頁岩、板岩以及千枚岩等(王, 2000)，土壤多屬玢質壤土或玢質黏壤土，少部分為砂質黏壤土，土壤多呈強酸性，pH 值常在 3.5-4.5。

研究方法

一、不同干擾強度之林分的劃分

本研究於棲蘭山地區內針對不同干擾強度之林分進行樣區設置，依人為干擾強度劃分為四種類型：1. 干擾強度低於 10% 為天然林，樣區地點位於 130、160 及 170 林道；2. 干擾強度介於 11-30% 為檜木保育更新地，樣區地點位於 130 林道；3. 干擾強度 31-60% 為整理林，樣區地點位於 160 林道；4. 干擾強度高於 60% 以上為人工林，樣區地點位於 160 林道及 170 林道。

二、植物社會調查

本研究採用計數樣區法進行取樣(劉和蘇, 1983)分別於四種不同干擾強度之林分內設置 22 個樣區，且考慮其地形與物種在空間上的分布型式較為均質者為樣區設置依據(Golden, 1979)(表 1)，同時以林木胸徑(Diameter Breast Height, 簡稱 DBH)大小區分為：冠層(DBH > 35 cm)、次冠層(DBH 5-35 cm)、灌木層(DBH < 5 cm)及地被層(Itow, 1991；魏瑞廷, 2006)，藉以瞭解不同處理下各組成間物種多樣性的變化類型，進而探討目前棲蘭山地區內各林分在不同干擾強度下，其林分恢復情形及現況。

三、植群概況及林分結構的分析

本研究利用計算後之重要值指數(IVI)，對四種不同干擾強度之林分進行分析，藉由所分析之重要值指數瞭解對四種不同干擾強度的林分，從冠層、次冠層、灌木層及地被層依序的組成。

四、物種多樣性的分析

在進行物種多樣性的研究時，一般係以物種的多寡來判斷該林分的物種多樣性之變化程度，若林分內的優勢物種多集中於少數幾個物種時，仍採用物種種類多寡

表 1 在四種不同干擾強度之樣區環境一覽表

Table 1 The plots environment of four different disturbance intensity situations

項目	生育地類型						
	130 林道 天然林	130 林道 保育更新地	160 林道 天然林	160 林道 整理林	160 林道 人工林	170 林道 天然林	170 林道 人工林
樣區面積 (ha)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
樣區數量	3	3	2	6	2	3	3
海拔(m)	約 1,500	約 1,500	約 2,000	約 1,800	約 1,800	約 1,900	約 1,900
地形	中坡	中坡	中坡	中坡	中坡	中坡	中坡

之觀念進行物種多樣性的量測，則無法詳細的瞭解該林分內物種多樣性變化的情形。本研究在進行物種多樣性的量測時，將調查所獲得之物種資料依林分垂直結構區分為冠層、次冠層、灌木層、地被層，以便於瞭解四種不同干擾強度之林分其物種多樣性的變化程度，同時清楚掌握其林分恢復情形。

(一) α 多樣性

1. 物種豐富度

係指一定範圍內所量測的物種數量，即代表該範圍內物種的豐富程度。本研究先將樣區內之物種依生活型區分後，再分別計算樣區內各生活型之物種數量。

2. Shannon-Wiener 物種多樣性指數

$$H = -\sum (ni/N) \ln(ni/N) = -\sum Pi \ln Pi$$

木本植物：式中 ni：某一樹種之斷面積；N：樣區內所有樹種之斷面積總和。

式中：冠層、次冠層及灌木層；ni：某一樹種之斷面積；N：樣區內所有樹種之斷面積總和。地被層 ni：某一地被物種之覆蓋度；N：樣區內所有地被物種之覆蓋度總和。

(二) β 多樣性

本研究採用間接梯度分析的方法，藉由分佈序列(ordination)之軸長，計算出各林分間的差異與物種轉換程度(張，1995)。即運用虛擬環境梯度軸之軸長，對各林分間進行量測與推測，間接梯度分析，一般是採用降趨對應分析法(Destrend correspondence analysis, 簡稱 DCA)之軸長進行量測，而物種轉換率之單位則是以平均標準偏差(Standard Deviation, 簡稱 SD)表示，物種轉換率之分布序列長度 SD 約為 4 代表植物社會轉換一次，而半轉換率則是發生在 1-1.5 時(Gauch, 1982; McCune et al.,

2002; 蘇, 2002; 許和李, 2003)。

結 果

一、不同干擾強度下各林分植群組成概況

不同干擾強度間植群組成概況分述如下(表 2)：

(一) 130 林道之天然林

共調查 3 個樣區，海拔約 1,500 m，中坡生育地。植物社會主要組成，在冠層優勢種以台灣扁柏；次冠層優勢種為台灣杜鵑(*Rhododendron formosanum*)、錐果櫟(*Cyclobalanopsis longinux*)、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、小葉赤楠(*Syzygium buxifolium*)、香桂(*Cinnamomum subavenium*)、紅淡比(*Cleyera japonica*)、豬腳楠(*Machilus thunbergii*)、台灣烏心石(*Michelia compressa* var. *formosana*)、長葉木薑子(*Litsea acuminata*)等；灌木層優勢種為深山野牡丹(*Barthea barthei*)、假柃木(*Eurya crenatifolia*)等；地被層以玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)、倒葉瘤足蕨(*Plagiogyria dununii*)、台灣瘤足蕨(*P. formosana*)、蔓竹杞(*Myrsine stolonifera*)、華中瘤足蕨(*P. euphlebia*)、蛇根草(*Ophiorrhiza japonica*)、密葉卷柏(*Selaginella involvens*)及魚鱗蕨(*Acrophorus stipellatus*)等為優勢。

(二) 檜木保育更新地

共調查 3 個樣區，分布於 130 林道 1K 處之檜木保育更新地上，海拔約 1,500 m 之中坡生育地。植物社會主要組成，在喬木優勢種以台灣扁柏、紅檜、香桂、錐果櫟、豬腳楠、昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)；次冠層優勢種為長葉木薑子、台灣烏心石、大葉越橘(*Vaccinium wrightii*)、薯豆、高山新木薑子(*Neolitsea acuminatissima*)等；灌木層優勢種為紅檜(人工栽植)、台

灣扁柏(人工栽植)、南洋紅豆杉(*Taxus sumatrana*)(人工栽植)、假柃木等；地被層以赤車使者(*Pellionia radicans*)、蛇根草、台灣瘤足蕨、魚鱗蕨、倒葉瘤足蕨、稀子蕨(*Monachosorum henryi*)、火炭母草(*Polygonum chinense*)等為優勢。

(三)160 林道之天然林

共調查 2 個樣區，海拔約 2,000 m，中坡生育地。植物社會主要組成，在冠層優勢種以台灣扁柏、台灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)；次冠層優勢種為台灣杜鵑、韃子櫟、薯豆、白花八角(*Illicium anisatum*)、紅淡比、玉山灰木(*Symplocos morrisonicola*)、高山新木薑子、厚葉柃木(*E. glaberrima* var. *taitungensis*)、西施花(*R. ellipticum*)及豬腳楠等；灌木層優勢種為深山野牡丹等；地被層以玉山箭竹、蔓竹杞、台灣瘤足蕨、倒葉瘤足蕨、阿里山菝葜(*Smilax arisanensis*)、中華裏白(*Diplopterygium chinensis*)、毛蕊花(*V. japonicum* var. *lasiostemon*)等為優勢。

(四)160 林道之整理林

共調查 6 個樣區，係經由人為低度之整理與干擾所形成之林分，海拔約 1,800 m，中坡生育地。植物社會主要組成，在冠層優勢種以台灣扁柏、台灣鐵杉及紅檜；次冠層優勢種為白花八角、紅淡比、早田氏冬青(*Ilex hayataiana*)、韃子櫟(*C. sessilifolia*)、玉山灰木、高山新木薑子等；灌木層優勢種為深山野牡丹等；地被層以台灣瘤足蕨、川上氏肋毛蕨(*Ctenitis kawakamii*)、大葉貞蕨(*Cornopteris fluvialis*)、台灣鱗毛蕨(*Dryopteris formosana*)、裂葉樓梯草(*Elatostema trilobulatum*)、蔓竹杞、華中瘤足蕨等為優勢。

(五)160 林道之人工林

共調查 2 個樣區，海拔約 1,800 m，中坡生育地。植物社會主要組成，在冠層優勢種以台灣扁柏為主；次冠層優勢種為長葉木薑子、西施花及山胡椒(*Litsea cubeba*)等；灌木層優勢種為深山野牡丹等；地被層以台灣瘤足蕨、中華裏白、玉山箭竹、變葉懸鉤子(*Rubus corchorifolius*)、阿里山菝葜、華中瘤足蕨、肉穗野牡丹(*Sarcopyramis napalensis* var. *bodinieri*)及川上氏雙蓋蕨(*Diplazium kawakamii*)等為優勢。

(六)170 林道之天然林

共調查 3 個樣區，海拔約 1,900 m，中坡生育地。植物社會主要組成，在冠層優勢種主要以台灣扁柏為主；次冠層優勢種為木荷(*Schima superba* var. *superba*)、假長葉楠(*Machilus pseudolongifolia*)、粗毛柃木(*Eurya strigillosa*)、白花八角、早田氏冬青、韃子櫟、高山新木薑子等；灌木層優勢種為深山野牡丹、厚皮香(*Ternstroemia gymnanthera*)等；地被層以台灣瘤足蕨、斜方復葉耳蕨(*Arachniodes rhomboides* var. *rhomboides*)、赤車使者、倒葉瘤足蕨、華中瘤足蕨、稀子蕨及大枝掛繡球(*Hydrangea integrifolia*)等為優勢。

(七)170 林道之人工林

共調查 3 個樣區，海拔約 1,900 m，中坡生育地。植物社會主要組成，在冠層優勢種主要以台灣扁柏、紅檜、台灣鐵杉為主；次冠層優勢種為韃子櫟、白花八角、台灣杜鵑、薯豆、長葉木薑子、假長葉楠、紅淡比、粗毛柃木等；灌木層優勢種為巒大越橘(*Vaccinium randaiense*)等；地被層以台灣瘤足蕨、裏白(*Diplopterygium glaucum*)、蔓竹杞、芒(*Miscanthus sinensis*)、肉穗野牡丹、變葉懸鉤子、倒葉瘤足蕨、稀子蕨、毛蕊花等。

二、不同干擾尺度之林分結構概況

不同干擾強度之林分結構概況分述如下(表 2)：

(一)130 林道之天然林

在 130 林道之天然林中各生活型的組成，冠層物種豐富度為 5 種，胸徑斷面積為 1.47 m²；次冠層物種豐富度為 34 種，胸徑斷面積為 4.47 m²；灌木層物種豐富度為 44 種，胸徑斷面積為 0.20 m²；地被層物種豐富度為 90 種；在各生活型間物種豐富度以地被層 > 灌木層 > 次冠層 > 冠層。

(二)檜木保育更新地

在檜木保育更新地中各生活型的組成，冠層物種豐富度為 4 種，胸徑斷面積為 13.04 m²；次冠層物種豐富度為 16 種，胸徑斷面積為 0.76 m²；灌木層物種豐富度為 5 種，胸徑斷面積為 0.04 m²；地被層物種豐富度為 165 種；在各層級間物種豐富度以地被層 > 次冠層 > 灌木層 > 冠層。

(三)160 林道之天然林

在 160 林道之天然林中各生活型的組成，喬木層物

表 2 在四種不同干擾尺度各生活型之林分結構

Table 2 The stand structure of life form in four different disturbance intensity situations

地點	冠層		次冠層		灌木層		地被層
	株數 (豐富度)	胸徑斷面積 (m ²)	株數 (豐富度)	胸徑斷面積 (m ²)	株數 (豐富度)	胸徑斷面積 (m ²)	物種數 (豐富度)
130 林道 (天然林)	7(5)	1.47	292(34)	4.47	379(44)	0.20	90
130 林道 (保育更新地)	14(4)	13.04	22(16)	0.76	91(5)	0.04	165
160 林道 (天然林)	22(5)	6.95	192(21)	2.78	486(32)	0.05	56
160 林道 (整理林)	6(3)	7.33	63(14)	0.53	1280(39)	0.13	107
160 林道 (人工林)	9(4)	7.5	57(5)	0.36	1151(60)	0.12	105
170 林道 (天然林)	11(6)	10.96	109(29)	1.52	198(36)	0.02	69
170 林道 (人工林)	16(6)	6.86	69(24)	0.58	201(35)	0.02	57

種豐富度為 5 種，胸徑斷面積為 6.95 m²；次冠層物種豐富度為 21 種，胸徑斷面積為 2.78 m²；灌木層物種豐富度為 32 種，胸徑斷面積為 0.05 m²；地被層物種豐富度為 56 種；在各生活型間物種豐富度以地被層 > 灌木層 > 次冠層 > 冠層。

(四)160 林道之整理林

在 160 林道之整理林中各生活型的組成，冠層物種豐富度為 3 種，胸徑斷面積為 7.33 m²；次冠層物種豐富度為 14 種，胸徑斷面積為 0.53 m²；灌木層物種豐富度為 39 種，胸徑斷面積為 0.13 m²；地被層物種豐富度為 107 種；在各生活型間物種豐富度為以地被層 > 灌木層 > 次冠層 > 冠層。

(五)160 林道之人工林

在 160 林道之人工林中各生活型的組成，冠層物種豐富度為 4 種，胸徑斷面積為 7.50 m²；次冠層物種豐富度為 5 種，胸徑斷面積為 0.36 m²；灌木層物種豐富度為 60 種，胸徑斷面積為 0.12 m²；地被層物種豐富度為 105 種；在各生活型間物種豐富度以地被層 > 灌木層 > 次冠層 > 冠層。

(六)170 林道之天然林

在 170 林道之天然林地中各生活型的組成，冠層物種豐富度為 6 種，胸徑斷面積為 10.96 m²；次冠層物種

豐富度為 29 種，胸徑斷面積為 1.52 m²；灌木層物種豐富度為 36 種，胸徑斷面積為 0.02 m²；地被層物種豐富度為 69 種；在各生活型間物種豐富度以地被層 > 灌木層 > 次冠層 > 冠層。

(七)170 林道之人工林

在 170 林道之人工林地中各生活型的組成，冠層物種豐富度為 6 種，胸徑斷面積為 6.86 m²；次冠層物種豐富度為 24 種，胸徑斷面積為 0.58 m²；灌木層物種豐富度為 35 種，胸徑斷面積為 0.02 m²；地被層物種豐富度為 57 種；在各生活型間物種豐富度以地被層 > 灌木層 > 次冠層 > 冠層。

三、不同干擾強度下各林分結構間之 α 多樣性

本研究利用 Shannon 指數計算，不同干擾強度下各林分結構間物種多樣性的差異，結果顯示(表 3)：在冠層級次冠層方面皆以 160 林道天然林的物種多樣性指數高於其他林分；在灌木層方面以 130 林道天然林的物種多樣性指數高於其他林分；在地被層方面以檜木保育更新地的物種多樣性指數高於其他林分。由此瞭解天然林由於未經人為干擾，故在冠層、次冠層與灌木層之物種豐富物種多樣性則是低於整理林及人工林，其主要原因在於人為干擾強度的影響，對於地被層有相當大的影響，而林分在人為干擾後易使林分空間釋放且微環境的改

表 3 在四種不同干擾尺度下各生活型之物種多樣性(本研究之物種多樣性皆以換算成相同面積；表中為數值較高者， 為數值較低者)

Table 3 The species diversity of life form in four different disturbance intensity situations

參數 (Variables)	130 林道 天然林 (n=3)	檜木保育 更新地 (n=3)	160 林道 天然林 (n=2)	160 林道 整理林 (n=6)	160 林道 人工林 (n=2)	170 林道 天然林 (n=3)	170 林道 人工林 (n=3)
冠層	0.50	0.23	0.85	0.44	0.44	0.50	0.41
次冠層	2.01	1.60	1.66	0.97	0.49	2.60	2.07
灌木層	2.79	0.38	1.61	1.81	2.02	2.59	1.83
地被層	2.52	3.71	1.32	3.38	3.21	1.96	1.60

變，故喜愛陽光之陽性地被物種得以遷入生長，同時林地種子庫與前生樹種得以萌發，而形成物種多樣性較高的現象。

四、不同干擾強度下各林分結構間β多樣性

本研究在β多樣性方面係採用降趨對應分析法(圖2)，探討不同干擾強度下各林分結構恢復的情形：

(一)冠層

經DCA分析後，顯示前三個序列軸之軸長，第一軸為2.65，特徵值(eigenvalue)為0.53，第二軸為1.38，特徵值為0.26，第三軸為1.48，特徵值為0.12。其中以第一軸軸長之數值最高(表4)，代表著在四種不同干擾尺度之林分，在冠層的物種轉換率呈現半轉換現象(當第一軸軸長達4SD時即代表物種完全轉換一次)，代表著整個棲蘭山檜木林之冠層物種組成上不受人為干擾影響，呈穩定之趨勢(圖2)。其主要係因為檜木林的撫育作業，大致係以中下層(次冠層、灌木層、地被層)之林木為撫育對象，因此在上層(冠層)的物種組成上並未產生明顯之差異現象，此現象亦反映在物種豐富度上(表2)。

(二)次冠層

經DCA分析顯示前三個序列軸之軸長，第一軸為3.91，特徵值為0.67，第二軸為2.69，特徵值為0.39，第三軸為2.29，特徵值為0.24，以第一軸軸長之數值最高(表4)，顯示在四種不同干擾尺度之林分間，其次冠層物種轉換率接近完全轉換，此現象顯示整理林與人工林之次冠層物種組成與天然林之次冠層物種組成有明顯的差異，在天然林中以土肉桂、假長葉楠、長葉木薑子、豬腳楠、香桂、圓葉冬青、白狗冬青、早田氏冬青、阿里山灰木、玉山灰木等漿果或核果類的植物為優勢，在人

工林以山胡椒、烏皮九芎、裡白櫟木等物種為主，而這些物種並未出現於天然林中(圖2)，此現象代表著整理林及人工林的次冠層，目前尚未恢復至天然林的狀態。此外，在降趨對應分析二維圖可發現隨人為干擾強度的不同其物種多樣性呈現天然林高於整理林及人工林，而檜木保育更新地雖為干擾處理林分，但由於其林分處理僅針對下層部分(灌木層)作處理，因此在物種多樣性方面其趨勢與整理林及人工林有所差異。

(三)灌木層

經DCA分析後，顯示前三個序列軸之軸長，第一軸為3.29，特徵值為0.55，第二軸為2.61，特徵值為0.32，第三軸為2.43，特徵值為0.17，以第一軸軸長之數值最高(表4)，顯示在四種不同干擾尺度之林分間，灌木層的物種轉換率接近完全轉換，此現象顯示整理林與人工林之灌木層物種組成與天然林之灌木層物種組成有明顯的差異，其中也可發現山胡椒、野桐、烏皮九芎、裡白櫟木、水麻及海州常山等物種僅出現於整理林、人工林及檜木保育更新地中，同時這些物種在天然林中是從未出現的(圖2)，此現象代表著檜木保育更新地、整理林及人工林之灌木層其尚未恢復到天然林的狀態。此外，在人為處理林分之灌木層中，可發現天然更新之台灣扁柏及紅檜物種，此現象顯示若給予林分適當的干擾將可提高台灣扁柏及紅檜天然林分中的更新狀況及存活量。至於天然林部份，則有威氏粗榧、土肉桂等稀有的植物出現。

(四)地被層

地被層經DCA分析後，顯示前三個序列軸之軸長，第一軸為3.38，特徵值為0.51，第二軸為2.85，特徵值為0.31，第三軸為2.28，特徵值為0.20，以第一軸軸長之數

值最高(表4)，顯示在四種不同經營干擾尺度之林分間，地被層物種轉換率接近完全轉換，由圖2可得知人為處理之林分，因其次冠層及灌木層皆經人為干擾，故造成孔隙的形促使林分空間釋出，便於四周種源得以進入以及原存在於土壤中之種子庫皆得以生長，而促使人為處理之林分地被層之物種多樣性有較高的現象，且受干擾強度越大其物種多樣性越高，但當干擾強度超過一定限度時，對於林分將會造成傷害，並降低物種多樣性。

表 4 在四種不同干擾強度下各生活型在 DCA 三軸與環境因子之相關係數

Table 4 Correlation coefficients between the first three DCA axes and environmental factors in four different disturbance intensity situations

環境因子	第一軸	第二軸	第三軸
干擾強度	-0.27 喬/0.24 次	-0.36 喬/-0.12 次	0.92 喬/0.35 次
	-0.93 灌/-0.63 地	0.04 灌/-0.11 地	0.10 灌/-0.37 地
物種多樣性	0.15 喬/-0.77 次	-0.01 灌/0.06 次	-0.30 喬/0.05 次
	0.26 灌/-0.43 地	-0.01 灌/-0.43 地	-0.04 灌/0.09 地
特徵值	0.53 喬/0.67 次	0.26 灌/0.39 次	0.12 喬/0.24 次
	0.55 灌/0.51 地	0.32 灌/0.31 地	0.17 灌/0.20 地
軸長	2.65 喬/3.91 次	1.38 灌/2.69 次	1.48 喬/2.29 次
	3.29 灌/3.38 地	2.61 灌/2.85 地	2.43 灌/2.28 地
變異量	0.65 喬/0.41 次	0.27 灌/0.17 次	0.32 喬/0.75 次
	0.47 灌/0.44 地	0.17 灌/0.14 地	0.29 灌/0.39 地

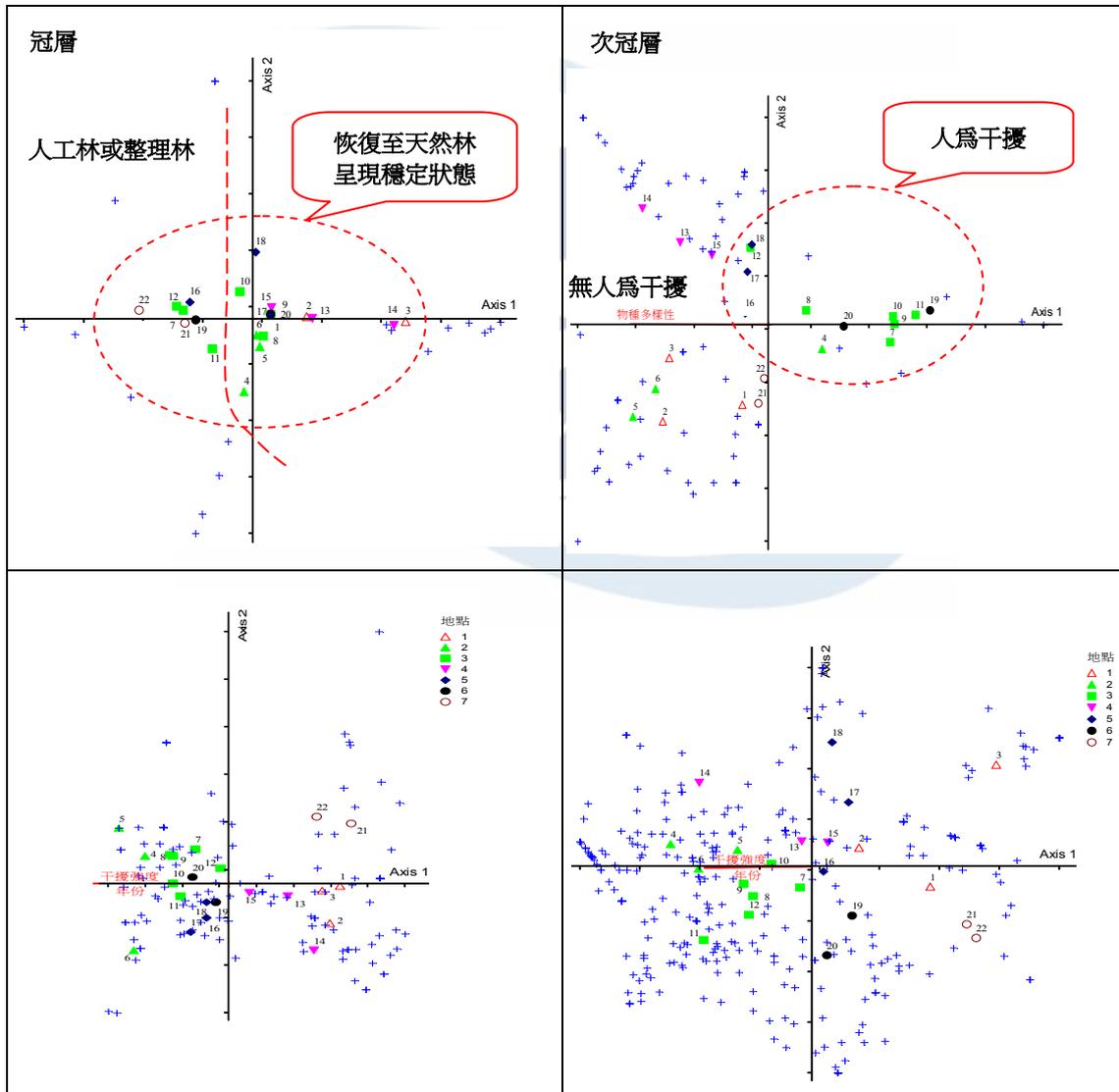


圖 2 在四種不同干擾強度下各生活型之降趨對應分析圖(△：130 林道天然林；▲：檜木保育更新地；■：160 林道整理林；▼：170 林道天然林；◆：170 林道人工林；●：160 林道人工林；○：160 林道天然林)
Fig. 2 The Detrended Correspondence Analysis of life form in four different disturbance intensity situations

討 論

一、不同干擾強度下林分組成結構與恢復情形

干擾行為影響著森林生態系之族群動態變化，其可藉由改變生育地環境，增加環境的異質性且同時提高物種多樣性，使森林生態系發生結構及動態上的變化行為，甚至改變森林演替的方向(于等，2006)。人為的經營干擾行為直接影響著森林生態系的發展及穩定，故人為的干擾強度及方法均影響著干擾結果。

在四種不同干擾尺度下，由於干擾強度之不同，對於整體林分結構之組成也有所差異。在冠層方面，由於並未受到經營管理之影響，故四種不同干擾尺度下林分之組成結構並未有太大的差異，此代表著檜木保育更新地、人工林與整理林其冠層之林分組成結構已恢復至未經人為干擾前的狀態(趨於天然林)；在次冠層與灌木層方面之檜木保育更新地、人工林與整理林，因受人為干擾的影響其林分狀態若要恢復至未經人為干擾前的狀態仍有一段距離，其代表著人工林與整理林之次冠層及灌木層與天然林之物種組成有明顯的差異，大致上皆以陽性物種為主，造成的原因在於人為干擾強度的影響，林分在人為干擾後，使林分空間釋放且微環境改變，使得四周種源得以侵入或是土中之種子庫因環境適宜而得以萌芽生長，因而提高林分下層之物種多樣性；在地被層方面由於小型物種較為敏感故當受人為干擾時其組成結構變化會較木本植物來的高(Rey Benayas, 1995；Pitkanen, 1998；Pitkanen, 2000)。因此在林分結構中之四種層級僅有冠層其物種組成結構已恢復至天然林狀態；而次冠層、灌木層及地被層由於受人為干擾強度影響，目前仍處於恢復至天然林的階段中。

二、各林分之物種多樣性差異

在森林經營所採用的任何一種作業法或撫育工作皆屬於人為干擾或人為輔助的天然更新作業。而依其干擾強度之大小，對於林分物種的組成及多樣性所造成的影響也有所差異。當林分冠層受到干擾形成孔隙時，其物種多樣性變化最為明顯(Pitkanen, 1998；Pitkanen, 2000)，特別是在植株型態較小的物種上(Rey Benayas, 1995)，此種現象在本研究中亦可發現，在人為干擾之林分(人工林、整理林及檜木保育更新地)中其地被層之物

種多樣性通常高於未經人為干擾的林分(天然林)，其原因與林分孔隙形成及林分空間釋放，使得其潛在土壤中之種子庫得以生長，進而形成物種多樣性較高的現象。若當人為干擾過度強烈時對與物種多樣性將會造成降低的現象(Pitkanen, 1998；Pitkanen, 2000)，此現象在 170 林道人工林內之地被層物種多樣性上，確實係明顯低於其他未經干擾之天然林分；而在檜木保育更新地及 160 林道整理林中，由於人為干擾並未過度因此在地被層物種多樣性方面是高於其他未經干擾之林分。故由此得知，適度人為干擾有助於物種多樣性的提升，但當干擾強度過度時則對於物種多樣性會造成降低之現象。

結 論

1. 在林分結構中四種層級以冠層之物種組成結構已恢復天然林狀態；而次冠層、灌木層及地被層由於受人為干擾強度影響，目前尚未恢復至天然林的階段。
2. 在人為處理林分之灌木層中，可發現許多天然更新之台灣扁柏物種，是否因人為給予林分適當干擾，而提高台灣扁柏於天然林分中的更新狀況及存活量，針對此現象若能持續進行長期監測，相信未來將能對台灣扁柏之更新情形更進一步的了解。
3. 本研究結果顯示，棲蘭山檜木林在人為干擾的影響下，其林下之台灣扁柏更新及生長狀況皆係優於紅檜。同時在研究期間發現大部分的台灣扁柏更新苗木，生長較過去人工栽植的紅檜苗木來的優良，甚至部份台灣扁柏苗木的樹高生長已超過紅檜苗木，未來台灣扁柏苗木將有可能會取代紅檜苗木，因此若相關經營單位能針對此點持續進行研究，相信將可提供未來森林經營策略上應用。
4. 在各林分間之主要植群組成，在冠層方面大致以台灣扁柏、紅檜及台灣鐵杉為主；在次冠層方面則以薯豆、白花八角、早田氏冬青、台灣杜鵑及高山新木薑子等為主；在灌木層方面以深山野牡丹、假桉木及台灣扁柏苗木等為主；在地被層層足蕨科及鱗毛蕨科之物種為主要組成物種。
5. 各林分間之四種層級之物種組成，在物種種數方面以地被層>灌木層>次冠層>冠層；此顯示地被層之物種對於人為干擾較為敏感，因而顯示地被層之物種數

量是其他層級的數倍之多。

6. 在各林分間因不同人為干擾強度的影響，對於各林分中之四種層級的物種多樣性及物種數量亦均造成不同程度的影響。其中以地被層、灌木層及次冠層的影響最為明顯，而喬木層的變化則無差異。
7. 本研究中因人為干擾所產生的孔隙類型在整個森林更新上扮演著重要的角色，未來若能夠針對孔隙類型進行研究，並將研究資料加入森林經營策略上，相信對於整個林分的變化及物種的遷入及遷出將能夠清楚了解，同時有利於森林經營計畫書擬定參考之用。

致 謝

本研究承行政院退除役輔導委員會榮民森林保育事業管理處之研究經費支持(計畫編號：棲蘭山之植群與植物相的調查研究 94-01b-004)、棲蘭山工作站同仁及宜蘭大學植群生態研究室之協助，始得完成，特此感謝。

參考文獻

- 于立忠、朱教君、孔祥文、胡萬良、譚學仁。2006。人為干擾(間伐)對紅松人工林林下植物多樣性的影響。生態學報 26(11)：3757-3764。
- 王鑫。2000。棲蘭山檜木林區地質資源調查研究。國立台灣師範大學生物系。內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託 73 頁。
- 王震哲。2000。棲蘭山檜木林區植物資源調查研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處委託 46 頁。
- 朱恩良。2004。棲蘭山野生動物重要棲息環境植群生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論 152 頁。
- 朱珠、包維楷、龐學勇、閔曉麗、李玉武。2006。旅遊干擾對九寨溝冷杉林下植物種類組成及多樣性的影響。生物多樣性 14(4)：284-291。
- 朱萬澤、蔡小虎、何飛、王金錫。2006。四川盆地西緣濕性常綠闊葉林不同恢復階段物種多樣性回應。生物多樣性 14(1)：1-12。
- 張金屯。2004。數量生態學。科學出版社。357 頁
- 許浩捷、李培芬。2003。群聚變異梯度長度對排序結果的影響。台灣林業科學 18(3)：201-211。
- 陳子英。2002。棲蘭山野生動物重要棲息環境植群棲地調

查。國立宜蘭技術學院森林系 行政院農業委員會林務局羅東林區管理處 138 頁。

- 覃家科、李先琨、呂仕洪、向悟生、陸樹華、區智。2005。廣西馬山岩溶山地植被恢復過程的種類更替與小氣候動態。廣西科學 12(2)：146-151。
- 葉慶龍、陳子英、宋梧魁。2004。南仁山區相思樹人工林於演替序列上物種多樣性之研究。臺大實驗林研究報告 18(3)：229-246。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。台灣商務印書館股份有限公司 1-462 頁。
- 魏瑞廷。2006。棲蘭山地區檜木林物種多樣性之研究。國立宜蘭大學自然資源學系碩士論文。159 頁。
- 魏瑞廷、陳子英。2007。棲蘭山地區植群之研究。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 21(2)：133-145。
- 蘇鴻傑。2002。物種多樣性之組成與測計：台灣森林植物概觀。行政院農委會特有生物研究保育中心。生物多樣性保育研討會論文集 1-14。
- Gauch, H. G. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge university Press, Cambridge, London, UK. pp. 298.
- Golden, M. S. 1979. Forest vegetation of the lower Alabama Piedmont. Ecology 60: 770-782.
- Itow, S. 1991 Species turnover and diversity patterns along an evergreen broad-leaved forest coenocline. Journal of Vegetation Science 2: 477-484.
- McCune, B. and Grace J. B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA. pp. 300.
- Pitkanen, S. 1998. The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests. Forest Ecology and Management 112:121-137.
- Pitkanen, S. 2000 Classification of vegetation diversity in managed boreal forests in eastern Finland. Plant Ecology 146: 11-28.
- Rey Benayas, J. M. 1995 Patterns of diversity in the strata of boreal montane forest in British Columbia. Journal of Vegetation Science 6: 95-98.

Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (I) Analysis of the variation in climatic factors. Quarterly Journal of Chinese Forestry 17(3): 1-14.

101 年 7 月 11 日投稿
101 年 10 月 23 日接受

