

廢棄石灰石礦區植群演替調查 —以和平地區為例

文、圖 ■ 賴俊仁 ■ 羅東林區管理處治山課技正（通訊作者）

陳子英 ■ 國立宜蘭大學自然資源學系教授

一、前言

和平溪鄰近區域由於地理人文開發較晚，目前仍是台灣自然資源調查上常被忽略的地方，因應產業東移政策於1996年劃設的和平水泥專業區，由於欠缺基礎的植群調查資料，因此少有適當的植群及景觀復育計畫，而多引進特定之外來物種或採用國外復育案例，忽略本土性物種的栽植適合性，但是生態復育包括棲地改善及物種培育，應能符合地區環境特色，才能發展永續性經營的生態體系，同時為了建立和平石灰石植群的基礎資訊和解決目前資源經營困境，降低區域內採礦作業對於當地生態環境及景觀所造成的衝擊，乃利用植群演替的調查方式，對區域內不同演替階段的植群結構進行探討，以為永續經營之基礎。由於廢棄石灰石礦區是個複雜的地形區域，在空間及時間上極為異質，石灰石植相（Limestone flora）存有好鈣與適鈣（Calcicolous；Calciphilous）之植群，有相當數量之樹種具備無性繁殖能力，其於富碳的碳酸鹽基岩與特殊生態條件和族群結構上，具有特殊性和稀有性，也在全球氣候暖化的溫室氣體減量計畫中具有重

要性地位；雖然有許多台灣石灰石植物區系與植物生態研究文獻散見於植群研究中，但是針對區域性石灰石植群研究的現有資料，多集中在南部地區，植群研究亦多偏重於水土保持成效觀點的植生復育方向，少量的區域性植群研究資料，多係植物分類或特有種類之調查。

本調查除整理出相關鄰近地區之植群演替組成供參考外，並利用時空互代法的演替研究方式，了解不同時期之林分組成差異和演替序列結構，以分析自然植群在廢棄礦區的石灰石基質上之動態變化，並著重在礦區植群及生態系的恢復，以達到礦區復育計畫中的策略性物種之選取。藉由參考國外之廢棄礦區植群調查方式，蒐集地區性人文資料，配合各項環境因子的設定與調查，運用多變數統計等方式，了解石灰石植群演替的生態系統發展過程，及其在不同類型生態系統中的組成差異。利用廢棄礦區的植群演替研究結果，尋求適合林業經營體系架構下的礦業用地之植生綠化物種；因此調查上著重於了解廢棄礦區的石灰石植群組成及定義不同演替序列的植群恢復階段。

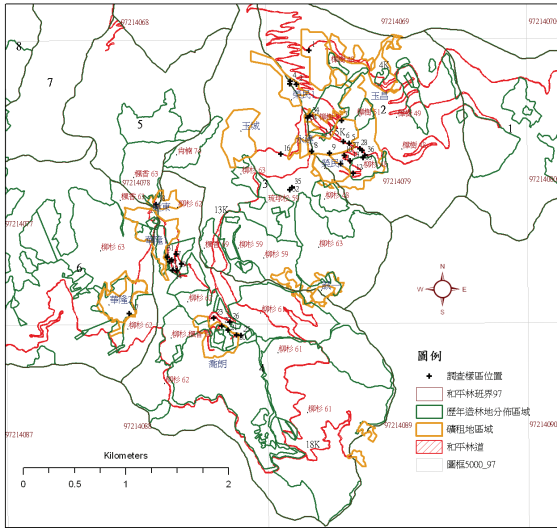


圖1 調查地區及樣區位置 (The study area and stand positions)。

二、調查區域

位處於花蓮縣北方，東距太平洋約5 - 7 km，毗鄰和平溪並靠近出海口，北邊與宜蘭縣接壤；東北季風侵襲時，常因地形屏障而呈現與台灣東北區域不同的溫暖氣候型態；調查範圍以國有林班地和平事業區第1 - 6林班內的廢棄礦區之石灰石復育植群為主，區域的劃設係經套繪等高線圖、糾正正射影像圖、林班界線圖、造林登記圖、礦區租地位置圖、廢棄年數等，重新編繪及釐定調查範圍，適當釐清異質性的環境因子之分布狀況，實際範圍共208.67 63 ha (圖2)。

三、地質與地形

依據林朝繁 (1957) 地質區分，調查區域的山地大部分為粘板岩，一部分由粗粒長石質石英砂岩組成，挾有暗色細粒砂岩、

礫岩、頁岩、石灰岩、煤層、千枚岩、凝灰岩、玄武岩、輝綠岩、玢岩及集塊岩等之岩層。其地質時代大致屬於古第三紀，但一部分似屬於上白堊紀；此粘板岩夾雜屬於中白堊紀以前之東臺片岩山地岩層，受白堊紀後期之燕山運動及其以前之區域變質作用所影響，此等岩層乃臺灣最古老之地層，也可以稱為「臺灣之核心部」。

和平地區位處菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊活動之聚合帶上，可能為呂宋島弧與歐亞大陸板塊發生斜碰撞之早期嵌入點，依據古生物學的證據，大南澳片岩的原岩曾受區域性變質作用，不能直接依據大南澳片岩內之礦物的物理化學的定年來決定其年代；和平溪之三錐層向南延伸，可分為公相、羅宇志相等兩相，其分佈總長約達80 km，河流流路並沒有切穿主要斷層；羅宇志相其原岩主要為石灰岩，夾有基性熔岩及凝灰岩，經變質之現岩型為結晶石灰岩及綠色片岩，其厚度達500至800 m。區域中地形之坡度級達 26° - 35° 以上，常因採礦作業所造成的斷崖、土堤堆而更形陡峭，中、高海拔地區物種也會出現於本區。

四、植群概況

調查區域位於海拔500 - 1,000 m間，其中海拔700 - 1,000 m的範圍佔76%面積，屬於楠櫨林帶上層，其森林植物社會分為4個植群型，即錐果櫨 - 昆欄樹型 (櫨林帶下層)、長葉木薑子 - 烏心石型 (中高海拔之坡面及較高海拔之溪谷)、青剛櫨 - 黃杞型 (低海拔

稜線)、澀葉榕林型（中海拔坡面至低海拔坡面及溪谷）等；因調查區域地質係屬石灰石地形，植群類似鄰近地區的樟櫨群叢、樟櫨林帶或青剛櫨優勢社會，極盛相森林以樟科及殼斗科植物為主，演替中途群叢以桑科及三葉山香圓為主，演替初期則以芒為優勢。

調查區域內的林地，歷經了1960 - 2000年間的伐木、採礦、造林作業及生物性因子影響，因此保留的極盛相植群面積較少，依據植群形相及造林、礦區開採紀錄而言，區內以柳杉（*Cryptomeria japonica*）及樟樹（*Cinnamomum camphora*）造林地為主，次生林及廢棄礦區上的初期演替植群，因為採礦造成的平台、陡坡及廢棄土堤堆，形成了異質的鑲嵌植群區塊；另廢棄礦區內的主要造林物種包括台灣赤楊（*Alnus formosana*）、銀合歡（*Leucaena leucocephala*）、芒（*Miscanthus sinensis*）、白茅（*Imperata cylindrica* var. *major*）、細枝柃木（*Eurya loquaiiana*）等，並有部分人工灑播種子之大葛藤（*Pueraria lobata* subsp. *Thomsonii*）、濱刀豆（*Canavalia rosea*），或栽植之番石榴（*Psidium guajava*）、紫花鳳仙花（*Impatiens uniflora*）、長枝竹（*Bambusa dolichoclada*）、桂竹（*Phyllostachys maki-noi*）等，但成效普遍不佳，僅以台灣赤楊、銀合歡、細枝柃木、芒、白茅等物種較具植群優勢，且具有大量自然繁殖復育現象。

五、調查方法

相同石灰石基質的廢棄礦區上之植群生



▲3年生赤陽造林地。

育地，具有地形的異質性，和不同干擾時間與來源，這種結果導致相鄰地區有不同的植群更新階段，為了分析自然復育植群的動態變化，達到生態復育計畫中的策略性物種選取目標，調查樣區依據全部植群、地被層及喬木層進行分類，以植群的物種相對密度、相對優勢度等重要值為介量，利用多變數統計來探討廢棄礦區上石灰石植群演替序列之組成。確定植群所處的演替階段後，未來將可依據植物功能型模式來探討植群變化的原因，以指出植物生活史型之間的相互轉換情形及結構的關係。

（一）樣區設置

以圖層套繪初步釐清各類植群的分布位置，藉由資深採礦人員的訪談及現場勘查，了解當地各類植群型之發展歷史等基本環境資料，作為擬定調查步驟之依據。植群取樣是採用多樣區法（Multiple plot method），調查前首先考慮礦區植群的廢棄年數、海拔高、土壤復育程度、方位角等變化，儘量沿著主要的演替梯度，於均質（Homogeneity）植群中設置樣區。



為了取樣上的均質性，除了利用地理資訊系統劃定調查區域，經由數值圖層套繪、文獻佐證、人員訪談及現場植群環境勘查作業等進行比對，並確定各鑲嵌植群區塊的廢棄年數，依據廢棄年數將調查區域分層後，因廢棄礦區的地形破碎狀況之考量，設定海拔高500 - 1,000 m間的楠櫛林帶上層為主要調查區域，取樣原則是依據分類區塊的面積比例，植群形相、不同的演替階段，在不同廢棄年數上的土堤堆選擇數個樣區（不含開採中區域、崩塌岩壁及捨石場），並抽取鄰近成熟森林中之樣區加以調查；每個樣區記錄植物種類和地形與環境因子，量測樣區內胸高直徑（DBH）大於1 cm以上之木本植物，並記錄其名稱與胸高直徑，而樣區內之小灌木、草本植物及蕨類植物則記錄覆蓋度及名稱。

（二）環境觀測

環境因子觀測項目包括廢棄年數（abandonce year, Yb）、地形位置（Topograph Position, TP）、海拔高（Altitude, Alt）、坡度（Slope）、廢棄採礦後的土壤復育程度（簡稱土壤復育程度，Mining Soil of Recovery, SR）、全天光空域（Whole Light Sky, WLS）與直射光空域（Direct Light Sky, DLS）、造林作業（Siliviculture, Sili）、含石率（Stoniness, Stone）、地表裸露率（Uncover Rate of Surface, US）等，並利用Monte Carlo排列來檢驗常態分佈的環境因子在環境變數上的相關性；調查中為探討不同演替序列的植群組成，因此將相關環境簡化，地形位置設定於中坡區域，並選取

鄰近相同環境之植群進行調查。

（三）多變數分析

多變數統計法區分為三大類：1. 直接梯度分析法（Direct gradient analysis），2. 分布序列法（Ordination），3. 分類法（Classification）；梯度分析係將樣區或植物在具有影響力之環境梯度上加以排列，以說明植群型在環境梯度上之位置和相關性；植群分類（classification）係將組成植物相似之樣區合併以組成植群型（Vegetation type），生育地環境係藉由合併樣區之環境因子加以統計，以探討究竟是哪一種環境因子影響到植群之分化；分類法則係將樣區資料加以比較後，將相似之樣區加以合併，組成某種林型或植群型，並將各型予以命名，然後再由環境因子之資料，探討各型之生育地環境。

1. 原始資料計算

為了避免調查野帳的文件紀錄、數據登打錯誤情況產生，除了以植物誌為標準進行物種判識及證據標本的鑑定外，並將物種名稱、樣區編號、胸徑、覆蓋度，及各項環境因子等原始資料，以Excel進行排序及篩選，同時核對野帳，避免人為誤差的產生。經利用Excel程式計算物種優勢度、相對優勢度、覆蓋度、相對覆蓋度、密度及相對密度等數值後，獲得的重要值指數（IV）係為樣區內植物社會基本介量之綜合表示；之後將獲得之樣區資料區分為木本、草本植物2層級，分別計算各層級之重要值指數，再將計算值依據Gauch（1982）八分級制，將各物種重要值指數轉化為0 - 9十級；環境因子的資料部

分則直接以觀測或評估值輸入於環境資料矩陣中進行分析。

2. 間接梯度分析法－降趨對應分析法 (Detrended Correspondence Analysis ; DCA)

DCA基本運算原理是利用加權平均法，反覆計算至收斂為止，藉DCA的排序可決定環境因子第一軸以進行演替趨勢分析；經過間接排序後，各軸與10種環境因子依Kendall's τ 進行相關性分析，以了解空間分佈的因子、不同礦區位置間的影響性和說明礦區立地的平均假設變異。

3. 直接梯度分析法－典型對應分析 (Canonical Correspondence Analysis ; CCA)

為了說明植群與環境間的關係，CCA每一步驟的計算結果都與環境因子進行迴歸分析，進行CCA分析前可先採用DCA進行測試，分析時以植群與環境2種資料矩陣進行分析，這能反映出兩者間的關係，這有利於了解物種在環境因子變異中的相關性。

4. 雙向指標種分析法 (Two-Way INdicator Species ANalysis ; TWINSpan)

雙向指標種分析為兼顧定性與定量的植群分類之多元切分法 (Polythetic Dividive Classification)，運算原理係將樣區資料先以交互平均法做排序，同時做兩極化之區分，接著於排序軸接近終點處作一切分，將其切分為二群，以此類推，再對各群進行切分，切分的次數通常以所含之樣區數少於某一預

設群值時即不再作細分，最後產生不同植群樣區與樹種的分類表 (蘇鴻傑，1996)，再以列表方式稍作排列，整理出符合現地的植群分類表。

上述植群分析法以PC - ORD ver.4.17 套裝軟體執行；CCA與DCA兩種排序方法係用來釐清哪些主要因子影響植物社會的分化，TWINSpan則是瞭解區域內的植物社會分化情形；將排序與分類方式的結果加以比對後，驗證現場調查情況，即能據此了解植群的時空變化情況。

六、結果

(一) 物種組成

調查期間共紀錄了維管束植物102科233屬328種 (表1)；各分類群之比例以雙子葉植物71%最高，單子葉植物14%與蕨類植物13%次之，裸子植物則僅佔0.3%。

(二) 覆蓋度的改變

在礦區停止開採後的演替初期階段植群，前5年內約有16至39類的物種存在，而後每個樣區植群型的物種數約能達到42至68類物種間，自然復育區的物種數量在30年左右達到穩定，而造林地樣區的覆蓋度在第7年能達到90%，第17號 (8年生) 樣區覆蓋度值偏低之原因，依據訪談後推測，應係與客土之土壤層深度不足 (60 cm以下)、表土層硬化及穴植孔徑不足有相關性；另自然復育礦區的植群則約在13年生 (26號樣區) 時能達到95%的覆蓋度，於20年生則可達到100%覆蓋度；就調查出來的造林地與自然復

由大而小依序為台灣赤楊、鬼石櫟、鵝掌柴、三葉山香圓、山龍眼、長梗紫麻、柏拉木、長尾尖葉櫛 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii*)、豬腳楠 (*Machilus thun-*

bergii)、台灣肉桂。

綜合上述，台灣赤楊為造林地內主要優勢種，而鬼石櫟、鵝掌柴、三葉山香圓、山龍眼、長梗紫麻、柏拉木、長尾尖葉櫛、

表2 地被層植物社會組成 (Composition of ground layer)

植物名稱	學名	覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	相對覆蓋度累計 (%)
芒	<i>Miscanthus sinensis</i>	4402.100	28.990	28.990
刺柄碗蕨	<i>Dennstaedtia scandens</i>	404.000	2.661	31.651
密花芋麻	<i>Boehmeria densiflora</i>	387.500	2.552	34.202
大葛藤	<i>Pueraria lobata</i> subsp. <i>thomsonii</i>	329.700	2.171	36.374
冇骨消	<i>Sambucus chinensis</i>	288.500	1.900	38.274
火炭母草	<i>Polygonum chinense</i>	283.500	1.867	40.141
黃藤	<i>Calamus quiquestinervius</i>	278.500	1.834	41.975
冷清草	<i>Elatostema lineolatum</i> var. <i>majus</i>	278.000	1.831	43.805
廣葉鋸齒雙蓋蕨	<i>Diplazium dilatatum</i>	238.000	1.567	45.373
鱗蓋鳳尾蕨	<i>Pteris vittata</i>	227.900	1.501	46.874
大花咸豐草	<i>Bidens pilosa</i> var. <i>radiata</i>	226.500	1.492	48.365
台灣赤楊	<i>Alnus formosana</i>	223.000	1.469	49.834
腎蕨	<i>Nephrolepis auriculata</i>	219.700	1.447	51.281
水麻	<i>Debregeasia orientalis</i>	211.100	1.390	52.671
大葉溲疏	<i>Deutzia pulchra</i>	208.600	1.374	54.044
波葉山螞蝗	<i>Desmodium sequax</i>	204.200	1.345	55.389
台灣澤蘭	<i>Eupatorium formosanum</i>	202.600	1.334	56.723
山葛	<i>Pueraria montana</i>	197.800	1.303	58.026
姑婆芋	<i>Alocasia odora</i>	197.500	1.301	59.327
奄美雙蓋蕨	<i>Diplazium amamianum</i>	192.000	1.264	60.591
橙葉懸鉤子	<i>Rubus alnifoliolatus</i>	188.800	1.243	61.834
台灣狗脊蕨	<i>Woodwardia orientalis</i> var. <i>formosana</i>	161.700	1.065	62.899
全緣卷柏	<i>Selaginella delicatula</i>	161.300	1.062	63.962
野茼蒿	<i>Conyza sumatrensis</i>	156.500	1.031	64.992



表2 地被層植物社會組成 (Composition of ground layer) (續)

植物名稱	學名	覆蓋度	相對覆蓋度 (%)	相對覆蓋度累計 (%)
棕葉狗尾草	<i>Setaria palmifolia</i>	150.100	0.988	65.981
串鼻龍	<i>Clematis grata</i>	146.200	0.963	66.943
濱刀豆	<i>Canavalia rosea</i>	142.500	0.938	67.882
糙葉耳藥花	<i>Otanthera scaberrima</i>	141.500	0.932	68.814
昭和草	<i>Crassocephalum crepidodes</i>	133.100	0.877	69.690
台灣白及	<i>Bletilla formosana</i>	132.900	0.875	70.565
通脫木	<i>Tetrapanax papyriferus</i>	131.200	0.864	71.430
—	—	—	—	—
合計			100	100

註：地被類合計280類物種，含樹高 < 100 cm 之喬木類或灌木類幼苗。

表3 木本層植物社會組成 (Composition of tree layer)

植物名稱	學名	相對優勢度 (%)	相對密度 (%)	IV 值 (%)	累計 IV 值
台灣赤楊	<i>Alnus formosana</i>	18.84	1.39	10.49	10.49
鬼石櫟	<i>Lithocarpus castanopsisifolius</i>	8.40	3.69	7.71	18.20
鵝掌柴	<i>Schefflera octophylla</i>	5.09	4.67	7.70	25.90
山龍眼	<i>Helicia formosana</i>	1.47	6.85	6.71	32.61
三葉山香圓	<i>Turpinia ternata</i>	1.40	5.02	6.47	39.08
柏拉木	<i>Blastus cochinchinensis</i>	0.24	7.25	4.97	44.05
長尾尖葉槭	<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>carlesii</i>	6.54	0.50	3.88	47.93
黃杞	<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	3.79	1.05	3.24	51.17
長梗紫麻	<i>Oreocnide pedunculata</i>	1.10	3.34	3.15	54.32
豬腳楠	<i>Machilus thunbergii</i>	4.01	0.68	2.83	57.15
台灣肉桂	<i>Cinnamomum insularimontanum</i>	3.80	0.77	2.80	59.95
錐果櫟	<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	3.62	0.43	2.26	62.21
猴歡喜	<i>Sloanea formosana</i>	1.90	0.69	1.88	64.09
筆筒樹	<i>Cyathea lepifera</i>	2.84	0.15	1.63	65.72
九節木	<i>Psychotria rubra</i>	0.08	1.32	1.60	67.32

表3 木本層植物社會組成 (Composition of tree layer) (續)

植物名稱	學名	相對優勢度 (%)	相對密度 (%)	IV 值 (%)	累計 IV 值
青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	1.84	0.68	1.56	68.88
假長葉楠	<i>Machilus japonica</i>	2.26	0.20	1.44	70.32
樹杞	<i>Ardisia sieboldii</i>	1.52	0.71	1.43	71.75
厚殼桂	<i>Cryptocarya chinensis</i>	0.52	0.89	1.37	73.12
小葉白筆	<i>Symplocos modesta</i>	0.28	1.04	1.36	74.48
紅淡比	<i>Cleyera japonica</i>	2.08	0.15	1.24	75.72
台灣烏心石	<i>Michelia compressa</i> var. <i>formosana</i>	0.50	0.89	1.24	76.96
牛奶榕	<i>Ficus erecta</i> var. <i>beecheyana</i>	0.62	0.72	1.24	78.20
細葉鰻頭果	<i>Glochidion rubrum</i>	1.90	0.15	1.15	79.35
無患子	<i>Sapindus mukorossi</i>	1.65	0.13	1.03	80.38
土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	1.84	0.03	0.96	81.34
九芎	<i>Lagerstroemia subcostata</i>	1.42	0.18	0.93	82.27
白袍子	<i>Mallotus paniculatus</i>	1.02	0.18	0.87	83.14
長葉木薑子	<i>Litsea acuminata</i>	0.87	0.25	0.83	83.97
豬母乳	<i>Ficus fistulosa</i>	0.35	0.55	0.82	84.79
石朴	<i>Celtis formosana</i>	1.53	0.02	0.79	85.58
—	—	—	—	—	—
累計	—	100	100	100	100

註：喬木類合計104類物種。

豬腳楠、台灣肉桂、芒、刺柄碗蕨、密花芋麻、大葛藤、冇骨消、火炭母草、黃藤、冷清草、廣葉鋸齒雙蓋蕨、鱗蓋鳳尾蕨等，則為不同石灰石植群的演替序列期間之優勢種。

(四) 植群型劃分

依據全區植群、地被層植群、喬木層植群等分項分析，調查上以全區植群型DCA、CCA、TWINSPAN方法，將調查地區的植

群分為5個植群型分類群，10個亞型分類群；在演替階段劃分上，由於全區植群型的DCA軸長達8.772 S.D，證明演替軸上至少有兩次的物種完全轉換現象，並可略分為三群，而這三群與演替階段相對應，因此對比前人研究結果將之分為三個階段，即演替初期、中期、極盛相等，依據該演替軸的形相分布，將台灣赤楊—芒型、小桑樹—芒型歸類為



演替初期，三葉山香圓—鬼石櫟型、豬母乳—長梗紫麻型為演替中期，疏果海桐—青剛櫟型為演替極盛相；植物學名、中文名係依據台灣植物誌第二版第六卷，各植群型與亞型的命名原則，係以木本或草本之特徵種在前及優勢種在後的方式命名，優勢種選擇係以重要值超過5%以上者，方選取之。

1. 演替初期階段

初期階段植群多位於廢棄年數1至28年間之廢棄土堤堆及赤楊造林地上，茲略述植群型如下：

(1) 台灣赤楊—芒型 (*Alnus formosana*—*Miscanthus sinensis* type)

本植群型共計有16個樣區，區分為4個亞型白茅—台灣赤楊亞型 (*Imperata cylindrica* var. *major*—*Alnus formosana* subtype)、揚波—密花芋麻亞型 (*Buddleja asiatica*—*Boehmeria densiflora* subtype)、細枝柃木—密花芋麻亞型 (*Eurya loquaiana*—*Boehmeria densiflora* subtype)、銀合歡—密花芋麻亞型 (*Leucaena leucocephala*—*Boehmeria densiflora* subtype)，共同特徵種為台灣赤楊、芒，上層優勢種有台灣赤楊、細枝柃木、銀合歡，地被優勢種為芒，其他5% - 2%之重要值的地被優勢物種依次有密花芋麻、鱗蓋鳳尾蕨、大葉溲疏、台灣澤蘭、波葉山螞蝗、椴葉懸鉤子、野苘蒿 (*Conyza sumatrensis*)、台灣赤楊、糙葉耳藥花、蘆竹、台灣白及、銀合歡、苦苣菜、台灣狗脊蕨。

(2) 小桑樹—芒型 (*Morus australis*—*Miscanthus sinensis* type)

本植群型共計有11個樣區，區分為4個亞型台灣月桃—大葛藤亞型 (*Alpinia formosana*—*Pueraria lobata* subsp. *thomsonii* subtype) 通脫木—水麻亞型 (*Tetrapanax papyriferus*—*Debregeasia orientalis* subtype)、臺灣油點草—水麻亞型 (*Tricyrtis formosana*—*Debregeasia orientalis* subtype)、南投涼喉茶—小桑樹亞型 (*Hedyotis hedyotideia*—*Morus australis* subtype)，共同特徵種為芒、小桑樹，上層優勢種有台灣赤楊、水麻、小桑樹、通脫木，地被優勢種為芒，其他5% - 2%之重要值的地被優勢物種依次有大葛藤、刺柄碗蕨、火炭母草、有骨消、串鼻龍、大花咸豐草、水麻、棕葉狗



▲演替初期—臺灣涼喉茶—小桑樹型植群。

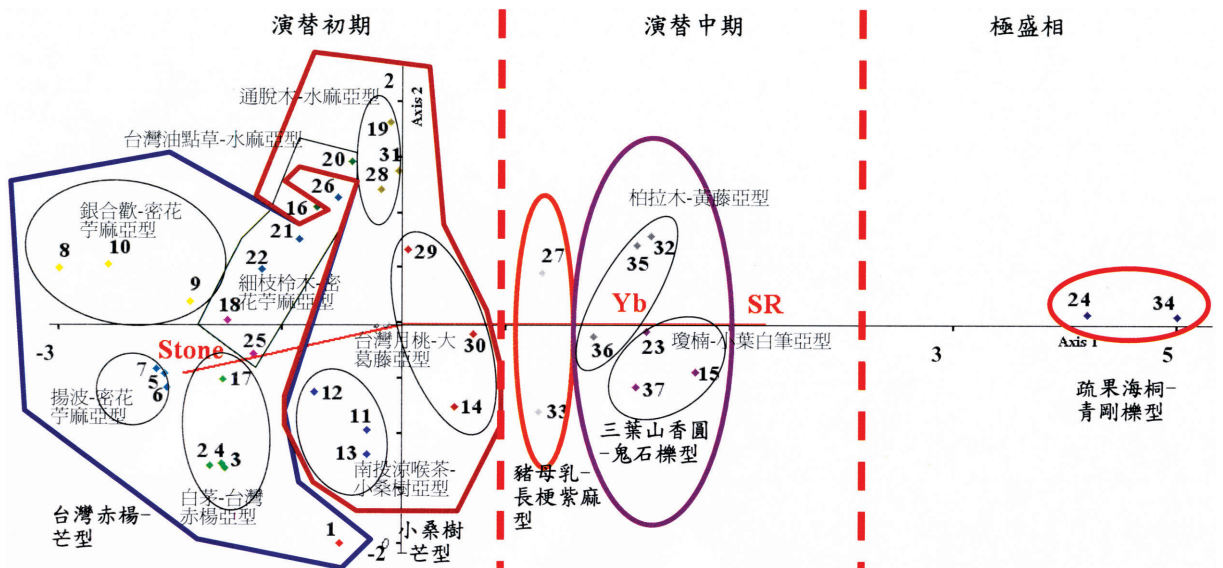


圖2 植群型在DCA排序第一、二軸之分布。

註：環境因子代號SR=土壤復育程度，Yb=廢棄年數，Stone=含石率。

尾草、姑婆芋、腎蕨、台灣何首烏、昭和草及斜葉金星蕨。

2. 演替中期

以全區植群型的DCA排序及TWINSPAN分類結果及現場的植群形相判斷，三葉山香圓-鬼石櫟型及豬母乳-長梗紫麻型為演替中期。

(3) 豬母乳-長梗紫麻型 (*Ficus fistulosa*-*Oreocnide pedunculata* type)

本植群型共計有2個樣區；特徵種為豬母乳，上層優勢種有長梗紫麻、筆筒樹 (*Cyathea lepifera*)、台灣山桂花 (*Maesa perularia* var. *formosana*)、豬母乳、台灣杪羅 (*Cyathea spinulosa*)、三葉山香圓，地被優勢種則有冷清草，其他5% - 2%之重要值的地被優勢物種依次有筆筒樹、山葛、風藤、姑婆芋、台灣青芋 (*Colocasia formosana*)、全緣卷柏、芒及廣葉鋸齒雙蓋蕨。

(4) 三葉山香圓-鬼石櫟型 (*Turpinia ternate*-*Lithocarpus castanopsisifolius* type)

本植群型共計有6個樣區，區分為2個亞型瓊楠-小葉白筆亞型 (*Beilschmiedia erythrophloia*-*Symplocos modesta* subtype)、柏拉木-黃藤亞型 (*Blastus cochinchinensis*-*Calamus quiquesetinerivus* subtype)，共同特徵種為三葉山香圓、鬼石櫟、鵝掌柴，上層優勢種有鬼石櫟、鵝掌柴、長尾尖葉櫛、柏拉木、山龍眼，地被



▲ 演替中期-瓊楠-小葉白筆亞型植群。



▲作業中華隆礦區。

優勢種為黃藤、奄美雙蓋蕨 (*Diplazium amamianum*)、廣葉鋸齒雙蓋蕨 (*Diplazium dilatatum*)、肋毛蕨 (*Ctenitis subglandulosa*)、冷清草及全緣卷柏 (*Selaginella delicatula*)，其他5% - 3%之重要值的地被優勢物種依次有柚葉藤 (*Pothos chinensis*)、菝葜 (*Smilax china*)、骨牌蕨 (*Lemmaphyllum diversum*)、菊花木 (*Bauhinia championii*)、腎蕨、柏拉木、風藤 (*Piper kadsura*)、波氏星蕨 (*Microsorium buergerianum*)、珍珠蓮 (*Ficus sarmentosa* var. *nipponica*)、台灣崖爬藤 (*Tetrastigma umbellatum*)、長柄冷水麻 (*Pilea angulata*)、斯氏懸鉤子 (*Rubus swinhoei*)、長果藤 (*Aeschynanthus acuminatus*)、姑婆芋、三葉崖爬藤 (*Tetrastigma formosanum*)、擬毛蕨、虎葛 (*Cayratia japonica*)、大星蕨 (*Microsorium fortunei*)、斜方複葉耳蕨 (*Arachniodes rhomboides*)、山月桃 (*Alpinia intermedia*)。

3. 演替極盛相階段

以全區植群型的DCA排序及TWINSPAN

分類結果，位於排序圖最右邊區域的植群型，依據現場的植群形相判斷屬極盛相演替階段。

(5) 疏果海桐—青剛櫟型 (*Pittosporum illicioides*—*Cyclobalanopsis glauca* type)

本植群型共計有2個樣區，特徵種為疏果海桐，上層優勢種有青剛櫟、疏果海桐 (*Pittosporum illicioides*)、假長葉楠 (*Machilus japonica*)、台灣肉桂、無患子 (*Sapindus mukorossi*)、紅淡比 (*Cleyera japonica*)，地被優勢種有腎蕨、全緣卷柏、黃藤、菊花木、擬毛蕨，其他5% - 2%之重要值的地被優勢物種依次有台灣鱗毛蕨 (*Dryopteris Formosana*)、臺灣月桃 (*Alpinia formosana*)、間型沿階草 (*Ophiopogon intermedius*)、菝葜、柚葉藤、三葉五加 (*Eleutherococcus trifolius*)、骨牌蕨、細梗絡石 (*Trachelospermum gracilipes*)、珍珠蓮、斜方複葉耳蕨、小葉複葉耳蕨及翼核木 (*Ventilago elegans*)。

七、討論

(一) 相鄰地區植群的比較

植群豐富度、覆蓋度隨著礦區廢棄年數增加而遞增；另由於區內少有成熟林分布，且考量本調查重點為植群演替趨勢，因此調查之成熟林年數皆以假定年數值進行分析，不另作生長錐調查。

在和平廢棄礦區的石灰石植群演替序列，可歸納成演替初期、演替中期及演替極盛相等三個階段，各階段的代表性物種與鄰近的石灰石植群分析研究類似，如清水山石

灰石地區之台灣蘆竹、高山芒或一年生草本的中途群叢及山頂和山脊附近地區植群（廖秋成，1979），太魯閣國家公園峽谷石灰岩壁植群研究的台灣蘆竹－密花芋麻－雙花金絲桃社會、青桐－黃連木－白雞油社會（章樂民等，1991），太魯閣國家公園石灰岩地區植被的台灣蘆竹社會、五節芒社會（楊遠波等，1990），與研究結果的演替初期植群之台灣赤楊－芒型、小桑樹－芒型相類似，主要的草本優勢種以芒為主；但因本區之礦區地形與天然植群，在喬木類仍有部分之差異，而低海拔之三葉山香圓－豬母乳群叢、三葉山香圓－大葉釣樟－豬母乳群叢（廖秋成，1979）則與本調查之演替中期相類似，也有主要的豬母乳、三葉山香圓等中途群叢之樹種；而章樂民等（1991）曾指出太魯閣峽谷地區有殼斗科之青剛櫟優勢社會，另楊遠波等（1990）則分出阿里山千金榆－鐵桐（青剛櫟）（*Carpinus kawakamii*－*Cyclobalanopsis glauca*）社會，甚至郭城孟、翁茂倫（2000）指出岩壁上有青剛櫟等殼斗科樹種存在這與本調查的極盛相階段之疏果海桐－青剛櫟型相似，由此可知本調查將演替序列劃分為三階段符合以往調查結

果；另劃分演替初期階段中的植群組成爲10個亞型，詳細區分了演替初期的植群組成差異，也運用了植物功能型的分析，說明了植群組成的差異，與已往大範圍區域的研究調查及部分植群研究資料，於本次的區域性研究中並無法詳細分析，僅能以植物名錄進行物種比對。

（二）廢棄礦區石灰石植群存在於異質的環境中，藉由多變數統計之時空互代法調查結果說明了演替階段間的變化趨勢，廢棄礦區的石灰石植群組成，有助於適合性復育物種的選擇策略之參考。而在所有假定爲100年生的樣區中，皆未能有100%的植群覆蓋度情況，顯示出該地區的干擾動態仍在持續進行，即演替序列的棲位仍存在著動態的異質干擾情況。

（三）廢棄石灰石植群調查的結果除了有利於未來礦區復育計畫之擬定外，在未來的國際性碳匯交易機制中也佔有著一定的統計基礎，因此加強石灰石地區的生態研究，將有利於充實未來的綠資源計畫結構。▲

參考文獻（請逕洽作者）

▲和平旭陽。