

第一章 緒論

第一節 研究動機及目的

隨著週休二日的實施，助長國人旅遊休閒之風氣，此風氣雖值得鼓勵，但國人不能不輕忽台灣人口之密集及遊憩資源有限之影響對自然遊憩資源之衝擊。交通工具之普遍及公路之開闢使得一般人皆可輕易的進入高山地區活動，高山的概念與郊山的差異除了在海拔高度之不同外，距離對現代人而言不再是親近高山難以跨越的鴻溝。

合歡山地區由於攀登者眾，其登山步道已呈現明顯的土壤裸露狀況，由這個現象可令我們進一步推想人為的力量究竟對土壤、植栽、地形景觀等層面造成何種程度的改變，未來又有可能衍生到什麼程度。由於自然資源再生及恢復是極困難的工作，所耗費的社會成本極為龐大，若是在產生衝擊的初期，審慎評估這些現象，做到事前的防備，就可教育及國人不自覺的傷害自然資源的行為。

本研究以合歡山地區為研究範圍，合歡東峰、北峰及石門山的登山步道為研究對象，目的在對步道沿線土壤及植群衝擊之型態及程度進行調查分析，選定衝擊監測之指標，最後依衝擊之程度及遊客對指標因子可接受改變限度的調查結果，對經營管理單位提出改善建議。



第二節 研究範圍對象及內容

一、研究範圍

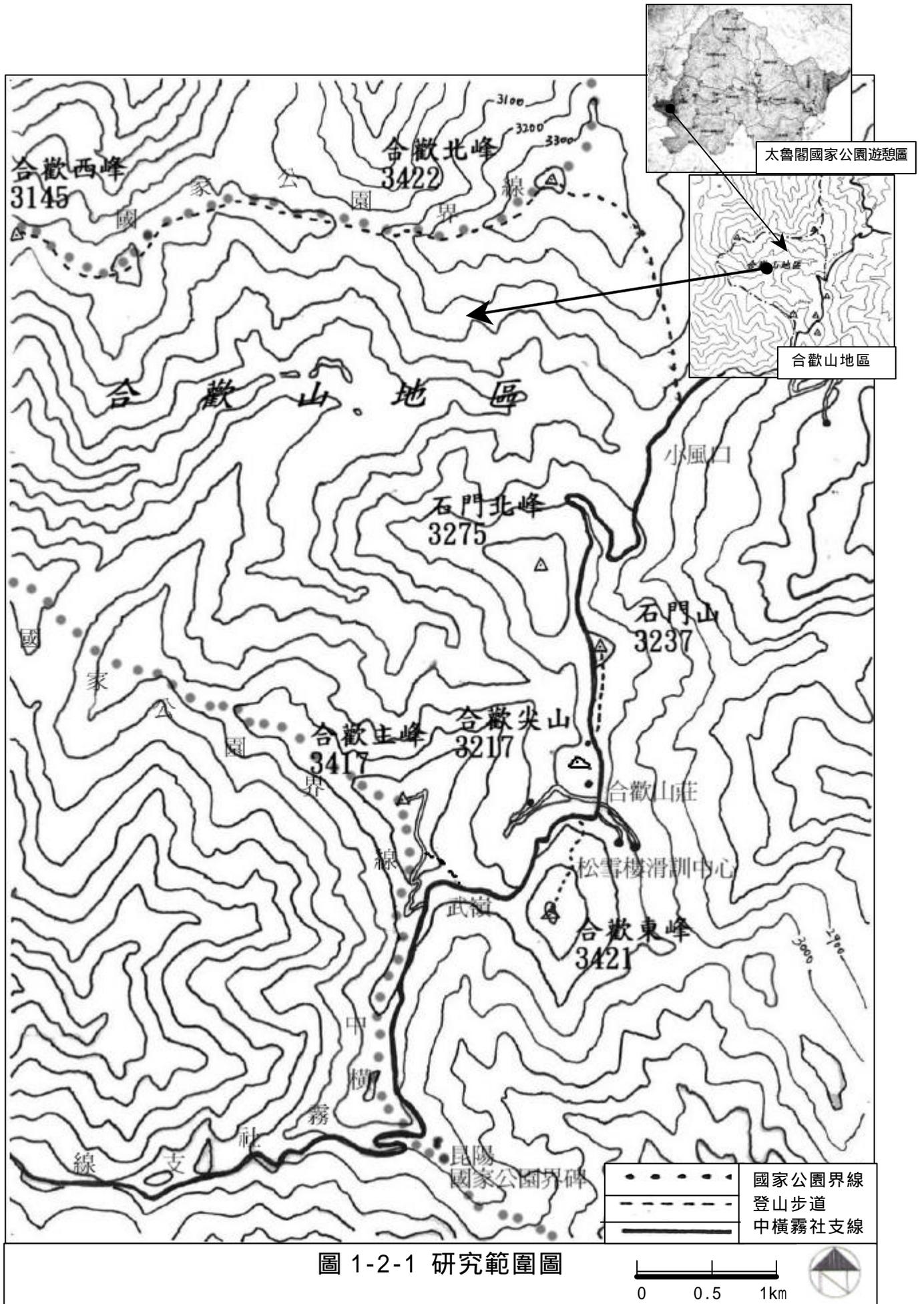
本研究以太魯閣國家公園合歡山地區為調查研究範圍（見圖 1-2-1）。

二、研究對象

本研究以合歡東峰、北峰及石門山步道兩側之土壤及植群衝擊的實質生態影響作為研究對象。

三、研究內容

- （一）太魯閣國家公園內合歡山地區的合歡東峰、北峰及石門山步道所選定的登山步道沿線土壤及植群衝擊效應調查。
- （二）影響登山步道沿線土壤及植群衝擊效應的原因探討。
- （三）選定衝擊監測指標。
- （四）擬定改善建議。



第三節 研究流程

本研究由基地現場踏勘著手，再經過文獻蒐集後確立研究範圍、對象及內容，並研擬出以下之研究流程。

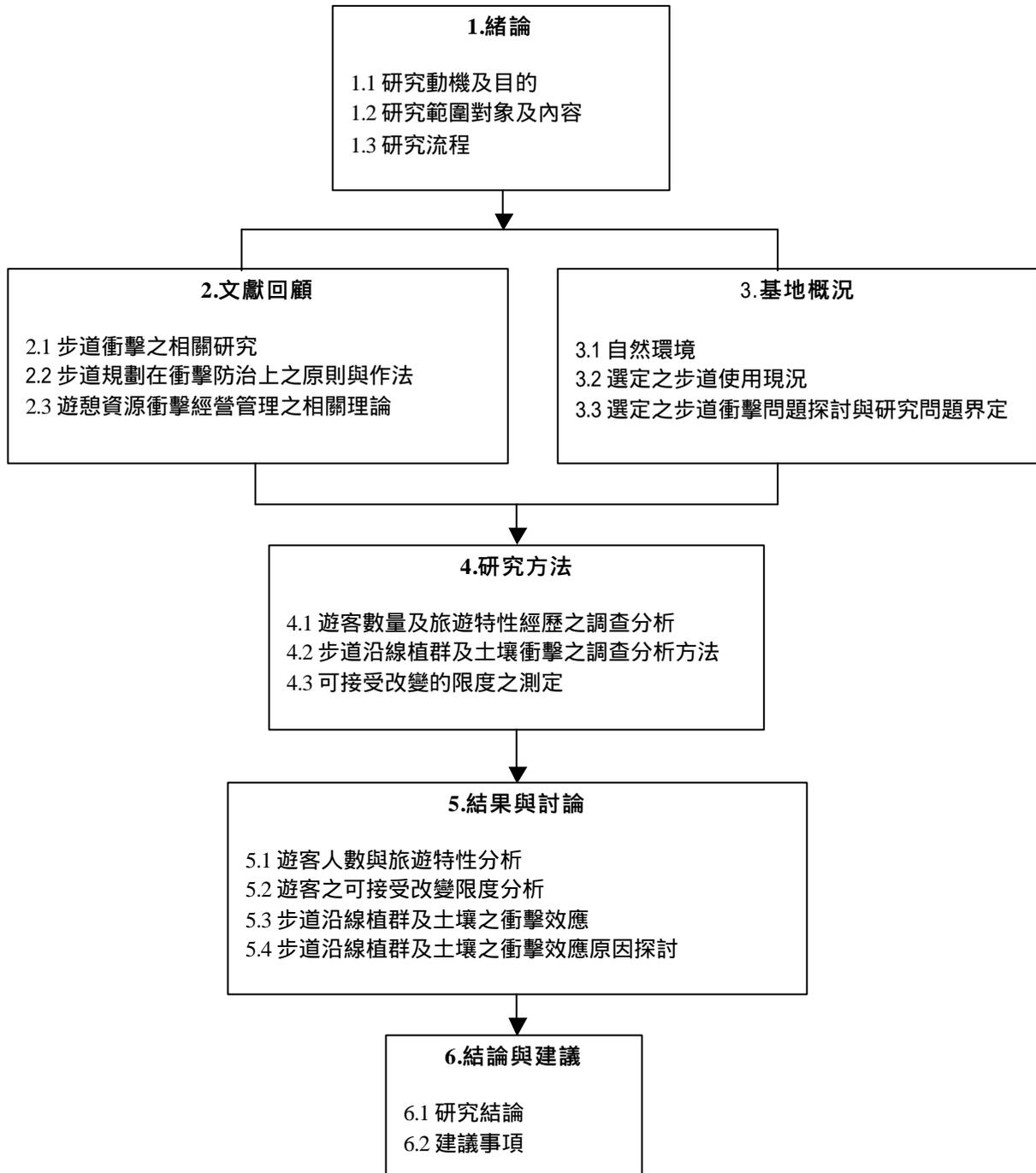


圖 1-3-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

第一節 步道衝擊之相關研究

本節探討步道沿線植群及土壤衝擊的相關研究。

一、名詞定義

步道因所造成的衝擊並沒有明確的定義，有不同的名稱稱之，如步道衝擊 (trail impact)、步道沖蝕 (trail erosion)、步道劣化 (trail degradation) 以及步道惡化 (trail deterioration) 等。Leung & Marion (1996) 依照其所包含步道問題加以彙整分類 (表2-1-1)，分述如下：

(一) 步道衝擊

包含意義最廣，包括生物的、生態的以及由構造物和使用所造成的衝擊。而它和其它名詞最大的不同點，在於它包含了常被忽略的遊客行為，其它名詞則是反映出特定的步道問題。

(二) 步道惡化

包含了步道分生和植群評估。

(三) 步道劣化

侷限在步道表面受使用的影響，研究步道最重要的問題，包括土壤密實、步道加寬、步道侵蝕以及土壤流失。

(四) 步道沖蝕

是最狹隘的名詞，特別指出是對步道侵蝕 (trail incision) 及土壤流失的評估。

表2-1-1 步道狀況用詞之分類

步道問題 Trail problem	步道狀況用詞			
	步道衝擊 trail impact	步道惡化 deterioration	步道劣化 degradation	步道沖蝕 erosion
破壞行為	v			
步道分生 (平行小徑)	v	v		
植群覆蓋消失 或組成改變	v	v		
土壤緊壓化	v	v	v	
步道加寬	v	v	v	
步道侵蝕及 土壤流失	v	v	v	v

(資料來源：Leung & Marion, 1996)

由以上的定義中可知目前步道研究中的步道衝擊問題，包含有遊客破壞行為、步道分生、植群覆蓋消失或組成改變、土壤緊壓化、步道加寬、步道侵蝕及土壤流失等。本研究就其中植群覆蓋消失或組成改變為主，土壤緊壓化為輔，加以探討。

二、步道衝擊研究之回顧

國內近年有關風景遊憩區自然資源的保育與環境遊憩品質的提昇方面之研究逐漸受到重視，多偏重在國外以發展的遊憩資源經營管理系統，如遊憩容納量 (carrying capacity)、遊憩機會序列 (Recreation Opportunity Spectrum, ROS) 及可接受改變限度 (Limit of Acceptable Change, LAC) 等之觀念、理論與方法等的介紹與整理，報告中少有實際應用或具體的調查研究成果 (劉儒淵, 1989, 1993)，且國內已完成的調查研究中則多偏重於植群衝擊之相關研究，少有特別針對步道衝擊之調查研究。以下便將其研究內容摘要如下。

表2-1-2 國內步道衝擊相關研究一覽表

作者 (年份)	研究地點	研究方法與指標	研究內容	研究結果
王相華 (1988)	五個遊樂區內三種不同類型遊憩據點	既成事實分析法。植物變項：覆蓋度、種類、根系暴露程度、指標種高度、樹勢損害程度、保護帶植生覆蓋度。環境因子：光度、土壤硬度、土壤容量等	比較分析天然植群之衝擊，探討減輕衝擊之經營計畫體系。	以植群覆蓋度為指標因子，訂定各類型遊憩據點之可接受改變限度（LAC）之標準，供為各遊樂區進行常期監督考核之依據。
劉儒淵、黃英塗 (1989)	溪頭森林遊樂區	既成事實分析法。土壤硬度，植群覆蓋度減少率，植相變異度等指標。	遊客之各項遊憩活動對生態環境所造成之衝擊型態、程度及影響。露營區分為嚴重衝擊區、殃及區及緩衝區等三個不同等級之分區，探討各分區衝擊效應；比較步道之踐踏衝擊程度。	提出減輕衝擊之防治對策。
陳昭明、蘇鴻傑與胡弘道 (1989)	風景區遊客容納量	植群及土壤兩項生態因子	選定6處分屬三種不同類型之風景區，調查其土壤與植群之衝擊結果、遊客之環境知覺與體驗，探討各風景區環境成分之改變是否超過不可接受程度。	沒有明確的訂出各風景區容許之最大遊客數量之標準。介紹、分析及討論遊客容納量之觀念與發展，及訂定風景區遊客容納量需考慮的一些變數。從區域性遊憩供需關係及法令之觀點設定風景區容納量之架構。
林國銓、邱文良與施炳霖 (1991)	恆春熱帶植物園步道	既成事實分析。指標有上層樹木之健康狀況、刮痕及根系暴露程度，植被種類及覆蓋度，土壤裸露狀況及抗穿透強度等。	步道兩側之植群及土壤之受害情形。	步道兩側之土壤及植物已受到嚴重衝擊。建議加強解說教育及改善經營管理。

續表2-1-2 國內步道衝擊相關研究一覽表

作者 (年份)	研究地點	研究方法與指標	研究內容	研究結果
楊武承 (1991)	台北市四獸山內 的步道	既成事實分析法、因子分析法等。採用植被覆蓋度減少率作為指標。	探討四獸山步道遊憩衝擊產生之原因。	建立遊客量與植物衝擊之關係式以利於其之後測定其可接受改變限度(LAC)以界定出各步道的實質生態承載量。
陳彥伯 (1991)	擎天崗草原特別 景觀區的步道	—	步道截面每小時通過遊客總人次與走在步道上人次比例之關係。	步道截面通過的遊客越多，離開步道遊客的比率越多。在裸地狀況下，離開步道的比例較草地狀況大，變化率較草地快；距離步道越遠，分佈人次越少。
劉儒淵 (1992- 1993)	玉山國家公園之 塔塔加、八通關等 遊憩據點及各主 要登山步道沿線	既成事實分析法。以植群覆蓋度減少率、植相變異度及指標植物之植株高度降低率為指標。	高山植群所遭受的遊憩衝擊型態與效應，探討環境因子或遊憩使用量間之關係。	提出植群衝擊指數(Index of Vegetational Impact, IVI)供為簡易評估高山地區遊憩資源衝擊程度之指標。
劉儒淵 (1995 , 2000b)	玉山國家公園地 區三條登山步道	長期監測法。以步道土壤沖蝕量為指標，採用步道截面重複測量的方法。	調查由遊客踐踏造成的沖蝕型式與程度，探討與遊客量及步道沿線環境間之關係。	提出改善或防治步道土壤沖蝕之建議。
林秀娟 (1996)	溪頭森林遊樂區 內大學池附近	既成事實分析法，以土壤及植群之變化為指標。	調查遊客之活動對環境所造成的衝擊效應。針對民國75年間經營管理單位所施行之衝擊防治措施成效加以定量及定性之評估。	提出土壤及植群衝擊之改善策略。
彭育琦 (1997)	塔塔加地區三條 步道	既成事實分析法，以植群覆蓋度減少率、植相變異度及指標植物之植株高度降低率，土壤硬度增加率為指標。	植群與土壤衝擊效應。針對其步道之衝擊型態，探討其形成之原因並選定適用塔塔加地區步道之監測指標。	針對既有步道及新設步道提出衝擊防治改善策略。

續表2-1-2 國內步道衝擊相關研究一覽表

作者 (年份)	研究地點	研究方法與指標	研究內容	研究結果
陳嘉男 (1998)	奧萬大森林遊樂區內五條步道	既成事實分析法。植群覆蓋度減少率及植相變異度，土壤硬度增加率等指標。	植群與土壤受衝擊之情況。以 LAC 為其架構設計之問卷，調查專家學者、經營管理單位及遊客。	提出改善及防治衝擊之策略。
林昱光 (1998)	奧萬大森林遊樂區	問卷調查法。	探討遊客對遊憩衝擊的認知，及遊客對遊憩衝擊防治策略之態度。	遊客之基本背景屬性不同，與遊憩資源衝擊認知類群間有顯著相關。遊客之基本背景屬性不同，其對衝擊防治策略態度類型不同。不同遊憩資源衝擊認知類群遊客，其對衝擊防治策略態度類型認同不同。
陳凱俐 與陳子英 (1998)	棲蘭森林遊樂區內步道	既成事實分析法，條件評估法 (CVM)。以植群覆蓋度減少率為指標。	調查遊憩活動對植群的影響，其次以條件評估法評估遊客對區內不同植群覆蓋度之據點或步道之願意支付額度。	遊客對區內不同植群覆蓋度之據點或步道之願意支付額度。
謝思怡 (2000)	墾丁國家公園區內之社頂與龍磐兩遊憩據點之步道	採用既成事實之分析與模擬踐踏。以植群覆蓋度減少率、植相變異度、植群衝擊指數及土壤硬度為指標。	探討影響踐踏效應的因子與踐踏效應間的關係。	季節、步道鋪面之有無及光量為影響踐踏效應之因子。季節、使用頻度及使用量等三因子對不同地被植群之踐踏效應與復原能力之影響有所差異，且彼此間也具有交互作用。
黃志堅 (2000) 及黃志堅與羅紹麟 (2001)	藤枝森林遊樂區之五條步道	遊憩機會序列 (ROS) 分類法，問卷調查法。	建立不同遊憩機會步道之可接受限度指標因子。	得到遊客心中對步道的情境屬性偏好及其可接受限度因子之項目及重視順序之差異。

續表2-1-2 國內步道衝擊相關研究一覽表

作者 (年份)	研究地點	研究方法與指標	研究內容	研究結果
賴明洲 與薛怡 珍 (2000) 及劉儒 淵等 (2002)	雪霸國家公園雪 山主峰線登山步 道	數學線性組合法。	分別評定社會心 理、設施、社經生 態及經營管理等 承載量之計量 值。以最適承載量 探討生態保護區 實施遊憩承載量 管制的問題。	建議經營管理單 位選定監測指 標、遊憩衝擊效應 進行長期監測、定 期檢討遊憩資源 變化、修正登山步 道之遊憩承載量。
吳孟娟 (2002)	陽明山國家公園 步道	描述性的經營管 理參數與衝擊參 數的調查分析，問 卷調查法。	探討步道衝擊預 測模式與遊憩容 許量評定方法。	步道之鋪面、坡 度、寬度與遊客數 量皆與衝擊量有 關。可接受衝擊程 度方面，國家公園 與森林遊樂區之 步道沿線為60%的 覆蓋度，一般遊樂 區的步道為40%之 覆蓋度。
劉儒淵 (2002a)	合歡山地區登山 步道	採用既成事實之 分析及問卷調查 法，以覆蓋度減少 率、植相變異度、 指標植物之植株 高度降低率等為 植群衝擊指標，輔 以土壤硬度增加 率。	探討登山步道沿 線之生態環境之 遊憩衝擊效應。	合歡山區各步道 之遊憩衝擊程 度。以步道兩側的 植群覆蓋度為LAC 之指標因子進行 遊客問卷調查，結 果：其可接受改變 標準為40%之覆蓋 度減少率。
中華民國 戶外 遊憩學 會 (2002)	玉山國家公園高 山步道	採用既成事實之 分析及問卷調查 法。以覆蓋度減少 率及土壤硬度增 加率為指標。	瞭解不同遊憩使 用量、環境衝擊、 與可接受衝擊程 度間之關係，釐訂 一套合適且簡便 之步道最適承載 量之計算模式。	高山步道遊客人 數的多寡對植被 覆蓋度有顯著影 響，而植被覆蓋度 減少率對步道衝 擊具較佳之預測 能力。將覆蓋度 60%定為玉山國家 公園步道可接受 衝擊程度之標準。

(資料來源:本研究整理)

三、有關影響衝擊因子的過去研究

目前有關步道衝擊影響因子的研究中,主要以環境因子的影響居多,遊客使用因子次之,而關於規劃設計或經營管理因子的研究則非常的少。以下針對目前國內外有關步道衝擊影響因子研究之結果進行探討,茲分述如下:

(一) 國內

國內目前有關遊憩衝擊的研究大多著重於衝擊效應程度及相關問題的探討，而針對衝擊影響因子的分析則是近幾年才有若干的研究，而其研究結果經彙整如表2-1-3所示。

表2-1-3 國內步道衝擊影響因子研究結果

因子	研究方法	研究結果摘要	研究者及年代
步道寬度	既成事實分析法	土壤裸露與步道寬度無關	楊武承(1991)
邊坡坡度		土壤裸露與邊坡坡度無關	
步道縱向坡度		土壤裸露與步道縱向坡度無關	
遊客行為	既成事實分析法	1. 裸地 (復育前) X: 通過截面總人次 (每小時) Y: 走在步道上人次/通過截面總人次 (每小時) $Y = 0.8440 - 0.00031(X)$ 2. 草地 (復育後) X: 通過截面總人次 (每小時) Y: 走在步道上人次/通過截面總人次 (每小時) $Y = 0.9507 - 0.00011(X)$	陳彥伯(1991)
遊客踐踏次數	模擬試驗	1. 玉山箭竹 $Y(\text{土壤硬度}) = 9.3633 + 2.0276 \ln(X \text{踐踏次數})$ $R^2 = 0.9328 \quad n = 21$ 2. 高山芒 $Y(\text{土壤硬度}) = 9.9031 + 2.3826 \ln(X \text{踐踏次數})$ $R^2 = 0.9328 \quad n = 22$	劉儒淵(1992)
遊客踐踏次數	模擬試驗	3. 玉山針藺-曲髮芒草 $Y(\text{土壤硬度}) = 9.5678 + 2.8769 \ln(X \text{踐踏次數})$ $R^2 = 0.9818 \quad n = 22$ 4. 裸地 $Y(\text{土壤硬度}) = 11.8296 + 2.8667 \ln(X \text{踐踏次數})$ $R^2 = 0.9988 \quad n = 19$	劉儒淵(1992)
季節	步道重複測量	春夏兩季之沖蝕量大於夏冬兩季。	劉儒淵(1994)

續表2-1-3 國內步道衝擊影響因子研究結果

因子	研究方法	研究結果摘要	研究者及年代
坡度	既成事實 分析法	步道坡度與沖蝕有關。	林秀娟(1996)
步道 寬度	既成事實 分析法	土壤裸露的寬度與步道寬度無關。 土壤兩旁土壤硬度與步道寬度有關。	
土壤 管理 因子	既成事實 分析法	土壤管理因子減緩步道衝擊的擴張。	
季節	模擬試驗	乾季踐踏效應大於濕季，濕地復原力高。	謝思怡(2000)
干擾	模擬試驗	已受干擾草區的踐踏效應較大，復原力亦較大。	
使用 量	模擬試驗	使用量越高踐踏效應越大，復原力越低。	

(二) 國外

在國外的研究中幾乎所有步道劣化的研究者都強調環境因子和使用因子，很少提到管理因子對步道劣化的影響。而以下是 Leung & Marion (1996) 整理之環境因子對步道劣化影響的研究結果與研究方法。

1. 氣候及地理因子對步道劣化之影響

氣候及地理因子對步道劣化的影響，主要是透過其對其它因子之影響來間接傳達。其中降雨量經由雨滴對地表之衝擊以及逕流水直接沖蝕步道表面，由 Leung & Marion (1996) 整理之國外研究中發現，降雨量與步道深度及土壤流失量成正相關，且夏天沖蝕情形較嚴重；而國內學者劉儒淵 (1995) 中針對塔塔加地區三條步道的研究中也發現，春夏季節之沖蝕情形較秋冬季節時嚴重，其原因應在於塔塔加地區之降雨多集中在春夏兩季。

而在地理因子方面，國外的研究中發現，高海拔的步道沖蝕情形較嚴重，且海拔高度和步道凹陷深度成正相關，其原因可能是因為高海拔地區下雪之機率較高，雪融化的時間也較長，造成泥濘的土壤，提高了沖蝕的可能性，另外，劇烈的結冰和融化的循環使得土壤翻鬆，導致土壤抵抗沖蝕的能力大幅降低，而造成高海拔地區之沖蝕情形較嚴重。

表2-1-4 地理及氣候因子對步道劣化之影響

因子	研究方法	研究結果摘要
海拔高度	fo	高海拔的步道沖蝕情形較嚴重。
	fm	海拔高度和步道凹陷深度成正相關。
降雨	fm	降雨量與步道深度及土壤流失量成正相關
	fe	土壤流失量與若干降雨的介量有關。
季節效應	fo/fm	在夏天步道沖蝕情形最嚴重。

fo – 野外調查 (定性) fm – 野外調查 (定量) fe - 野外 (模擬) 試驗

2. 植群因子對步道劣化之影響

目前的研究中，踐踏對植群的影響是最為完整的。然而，這裡則是強調植群對步道劣化的影響。由Leung & Marion (1993) 整理之國外研究中發現，高密度的植群可使登山者集中在步道上，防止步道加寬，而且與土壤的流失量成負相關。

另外，植群型也會影響步道的劣化(Kuss et al., 1990, 劉儒淵, 1995)，穿過草原之步道較森林內之步道之衝擊程度低，而在低度使用下，森林內之步道寬度大於草原上之步道，但在高度使用的水準下，則相反，其原因應在於不同植群型之抵抗力(resistance)與回復力(resilience)，在草原上步道之植群型的抵抗力較高但回復力較低，而森林內之植群型抵抗力較低但回復力較高，因此，在低度使用與高度使用時所造成之衝擊型態是相反的。

而植群演替的階段也會影響步道衝擊的情形，研究中發現，成熟林內步道之衝擊情形較在演替中之森林者為嚴重(Kuss & Graefe, 1985, Kuss et al., 1990, 陳昭明等, 1989, 劉儒淵, 1996)。

表2-1-5 植群因子對步道劣化之影響

因子	研究方法	研究結果摘要
植群型	fm	穿過草原之步道較森林內者之衝擊程度較輕微。
	fm	在低度使用下，森林內之步道寬度大於草原上者；在高度使用水準下，其衝擊型態則相反。
	fm	對沖蝕之敏感性：中生型>乾生型。
植群密度	fm	與土壤流失量呈負相關。
	fo	在密度較大之植群，登山者較能集中在步道上。
演替階段	fm	成熟林內步道之衝擊情形較在演替中之森林者為嚴重。

* fo – 野外調查(定性)

fm – 野外調查(定量)

3. 地形與地勢因子對步道劣化之影響

地形因子是步道劣化研究中被研究最多的，也經常是步道規劃設計者及研究者所監測注意的。很多研究都證明了步道坡度和土壤流失的強烈相關性，而其原因則是其對逕流水速度的影響，間接影響步道衝擊的程度。

而由Leung & Marion (1996) 整理之國外研究中發現，步道坡度與土壤流失量成正相關，且斜坡上的步道加寬情形較顯著。另外，若干研究中亦觀察出，登山者偏好走邊坡坡度較緩的一側，因此，稜脊上之步道因邊坡坡度較陡，其步道寬度較窄。

此外，步道路線方向與山坡坡面一致者，因高度爬升較快，坡度較陡，因此，其劣化程度較嚴重。而步道位置在坡面上部者，其步道寬度較大；而位於坡面下部而土壤潮濕處，步道寬度較大。

表2-1-6 地形與地勢因子對步道劣化之影響

因 子	研究方法	研究 結 果 摘 要
步道坡度	fm	與土壤流失量呈正相關
	fm/fo	斜坡上之步道加寬情形較顯著
邊坡坡度（坡面）	fo	登山者偏好行走在邊坡坡度較緩的一側
	fm	稜脊上步道之寬度較窄
步道排列	fm	步道方向與山坡坡面一致者劣化程度較嚴重
步道位置	fm	在坡面上部之步道寬度較大
	fm	在坡面下部而土壤潮濕處之步道寬度較大
* fo – 野外調查（定性）		fm – 野外調查（定量）

4. 土壤及表面因子對步道劣化之影響

國外研究對土壤的結構及其對步道劣化的影響，有相當多的研究。其中發現，土壤質地較細者易遭受侵蝕，而均質的土壤也較易受侵蝕。而在土壤型方面，土壤的有機質含量與泥濘程度成正相關。而土壤之濕度與步道寬度與沖蝕程度呈正相關，土壤之滲透容量則與步道寬度成正相關。

另外，步道表面因素中的粗糙度即意指其含石率的高低，若步道的土壤內有較高的石頭或砂礫成分，則較不易產生沖蝕，其功能有如過濾器，可以固持且約束土壤粒子，且減緩地表逕流水，保護下面的土壤。

表2-1-7 土壤及表面因子對步道劣化之影響

因子	研究方法	研究結果摘要
土壤質地	fo/fm	質地較細之土壤易遭侵蝕。
	fo	均質土壤易遭侵蝕。
土壤型	fo	土壤有機質含量與泥濘程度呈正相關。
土壤濕度	fm	與步道寬度呈正相關。
	fo	與沖蝕程度呈正相關。
滲透容量	fm	與步道寬度呈正相關。
含石率	fm	與步道凹陷程度成負相關。
粗糙度	fm	步道兩側地表之粗糙度與步道寬度呈負相關。
	fo	步道上之大石會使步道寬度增加。

fo – 野外調查（定性）

fm – 野外調查（定量）

四、小結

各衝擊影響因子間是息息相關的（劉儒淵，1990），若將其完全獨立分析，則可能忽略其之間的相互影響，因此，在進行其影響因子之分析時，除定量的統計分析外，應輔以定性的觀察其完整的演變過程，相輔相成，才可對衝擊之影響因子有更深入之瞭解分析，以使衝擊防治策略擬定有更正確客觀之依據。

第二節 步道規劃在衝擊防治上之原則與作法

本節主要在針對目前步道規劃與經營管理在步道劣化與衝擊防治方面所做之準則與作法，並針對其目前已注意到的問題以及其所忽略的部份加以討論。

一、國外案例

美國國家公園署丹佛服務中心（1993）曾制訂一本『國家公園步道經營管理手冊』，為步道及馬行路徑的設計準則，用於協助國家公園工作人員進行步道選擇、步道設計、步道路基不同施工方式使用、解說牌施工規範的依循、排水方式的選擇、步道過夜設施的考量及步道維修等經營管理工作，茲將該手冊之要點摘錄如下：

（一）防治步道沖蝕方面

1. 有些土壤並不適合作為步道踏面，需提供可代替的材料作為踏面使用。
2. 步道應建築在堅實的土壤上。
3. 在可行之處，坡面的定線應以有角度的方式橫越原有自然坡面，以利用天然排水方式來減少變更主要排水設施。
4. 依一般原則，坡度不應超過百分之十。低於百分之七者最理想。
5. 坡度不應太陡峭，而致使侵蝕成為持續性的問題。
6. 如果可能的話，步道不應配置為零坡度。為了適當的排水，些許的坡度是必要的。
7. 坡度應有和緩的起伏以提供自然排水，並除去同一坡度且單調不變的路段或漫長的陡坡，以免步道使用者感到疲憊。
8. 如果不會引致對環境過度干擾且可提供適當的排水以防止侵蝕現象。
9. 為確保最少的侵蝕發生，在規畫步道坡度時必須以土壤類型、氣候狀況、使用量及使用形式及位置為主要的考慮因素。

（二）防治遊客衝擊方面

1. 應配置主要步道聯絡網路以疏散遊客遠離容易遭受破壞或使用頻繁的地區。
2. 理想的步道路線應提供遊客最好的視野。

二、國內案例

內政部營建署民國78年曾委託東海大學環境規劃暨景觀研究中心從事「國家公園設施規劃設計準則及案例彙編」之研究，其內容關於步道方面提及步道規劃之選線，步道設計方面之、鋪面選擇、階梯、橋、排水、植栽、指示標誌以及自導式步道等九部份部份，而其中有關衝擊防治的則有：寬度要以容許兩人通過為主、坡度則不可超過75%以避免土壤沖蝕；而在排水方面則有，排水坡度約1/18至1/30；暗溝之設置以避免積水；坡度較陡則可設置攔水柵以減緩流速及流量，而其數量與間距則視坡度大小、流量大小、步道種類和空間大小而定。

交通部觀光局民國76年曾委託台灣大學土木工程學研究所都市計畫室進行「風景區公共設施設計準則及參考圖集」之研究，其中對步道的配置與設計原則亦有提及，其主要內容中有一般性原則（步道的選線、步道長度、輔助設施、步道使用材料、步道維護等五部份）、步道配置注意事項、材料特性與適用方式等三方面，其中有關衝擊防治的有；坡度不可超過1/16以免造成沖蝕、坡道應注意排水、定期對步道的設施狀況作一調查記錄並定期執行改善計畫以及訂定不同步道之維護等級。

呂國彥，楊宏志曾於1995年7月提出針對森林遊樂資源所研定之『步道規劃原則』其內容主要是整合各種步道之分級，並依體驗強度（experience intensity）將保護自然環境與重視遊客安全為考慮重點，將步道劃分四種類型，分別是荒（曠）野步道、原野步道、特定使用步道及主要步道，並針對其環境（現場）改變程度、環境（現場）植生改變程度、可及性及交通工具、步道使用、設施數量、設施材料、解說服務設施、管制措施、遊憩體驗類別以及遊憩團體間之互動關係等制訂準則，並無提出實際之作法。另外，於同年九月提出進一步之『登山步道計畫作業準則』其中有關衝擊防治的有：

1. 高密度使用區域之步道不宜採用「之」字型銳角轉彎、直線延伸開設，避免使用者抄近路造成沖蝕。
2. 步道應設環境及設施普查表，定期檢查。

劉儒淵於2002年提出戶外遊憩區步道衝擊之調查監測(技術手冊)，內容中指出對步道衝擊的防治步驟中，首先應鑑別造成衝擊的原因，接下來提出四個針對登山步道的經營策略：

1. 增加遊憩供給。
2. 強化步道表面，增加其耐踐踏能力。
3. 限制使用。
4. 降低遊憩使用衝擊。

由以上的文獻回顧中得知有關步道規劃在衝擊防治方面的原則及作法中，大多針對步道沖蝕的問題加以防治，其防治的條件有1. 坡度2. 之字型路線的選線設計3. 排水設施的設置，而對於其它減緩沖蝕的方法（如增加步道的粗糙度等）則較少提及，另外，其它的衝擊現象的防治則少有討論。此外，這些步道規劃的原則和作法主要是針對新開發步道所設計，而對於已發生嚴重衝擊的步道則少有改善的方法及原則。

高山環境本該以低強度的使用為主，故尚未鋪設鋪面的合歡北峰及合歡東峰步道不建議加以規劃為便捷的一般遊憩區的步道，而是以步道衝擊的影響因子切入，進行登山步道的回復及防制，最後提出監測指標選定之建議。至於已鋪設鋪面的石門山步道，可注意目前步道的規劃設計上有無造成以上提到因設計不當而產生易受衝擊的狀況，若無則以步道設計的寬度為步道原始寬度，調查兩側的植被及土壤受衝擊的狀況，進行衝擊防治的方式可和北峰及東峰採用同樣方式，若需進行衝擊回復時，可視情況採用以上提及的方式，不過無論如何應將人工鋪面拓寬的方式做為最後的考量，畢竟國家公園並非一般遊憩區，除遊客需求外，自然資源的保育才是它劃設的目的。

第三節 遊憩資源衝擊經營管理之相關理論

本節闡述遊憩資源衝擊之基礎理論，包括可接受最大改變限度（LAC）及遊客衝擊經營管理（VIM）。

一、可接受改變限度（LAC）理論

在經營經營遊憩區之遊憩衝擊時，早期強調使用量與衝擊程度的關係，採用技術性的步驟；而後又重視遊憩體驗之觀念，並強調容納量的觀念，然需確定經營者準備提供何種體驗，遊客之體驗是否符合既定水準；之後，在「只要有遊憩使用，必會造成自然或社會改變」的前提下，提出可接受的改變限度（LAC）觀念，強調經營措施可將衝擊程度控制在某一可接受限度以內，而不必在數量或使用量上做限制的經營方式（Stankey et al., 1985）。其步驟如下（參考圖 2-3-1）：

- （一）鑑別出特別需重視及考慮的地方與議題
（identify area issues and concerns）
- （二）界定及描述遊憩機會類別
（define and describe recreation opportunity classes）
- （三）選擇資源及社會狀況指標
（select indicators of resource and social conditions）
- （四）全面調查資源及社會狀況
（inventory existing resource and social conditions）
- （五）對各項資源及社會指標訂出可予以接受的標準
（specify standards for resource and social indicators）
- （六）鑑別出各種遊憩機會類別之替選方案
（identify alternative opportunity class allocations）
- （七）鑑別出各種替選方案之經營管理方式
（identify management actions for each alternatives）
- （八）評估並挑選一最佳替選方案
（evaluation and selection of a preferred alternative）
- （九）實施並監測資源及社會狀況
（implement actions and monitor conditions）

上述 LAC 的程序步驟所闡述的觀念應用於遊憩資源衝擊之經營作業上，其最實用的一點乃在促使經營者建立自己的標準，不斷將

現況加以比較，而隨時採取適當的管理措施，使戶外遊憩之環境品質得以維持在某一預期之水準上（陳昭明等，1989）。圖 2-3-2 是一套簡單而有利的規劃架構（Hammitt & Cole, 1998），它包括了陳述經營時所要提供之環境情況（將有多少衝擊及衝擊發生在何處）；調查現況並與已設定的目標裡所希望之情況作比較，當情況與目標不符時，立即檢討及修正經營措施；最後的監視步驟，則包括回復到定期的調查階段。



圖 2-3-1 可接受改變限度 LAC 程序圖
（資料來源：Stankey et al., 1985）

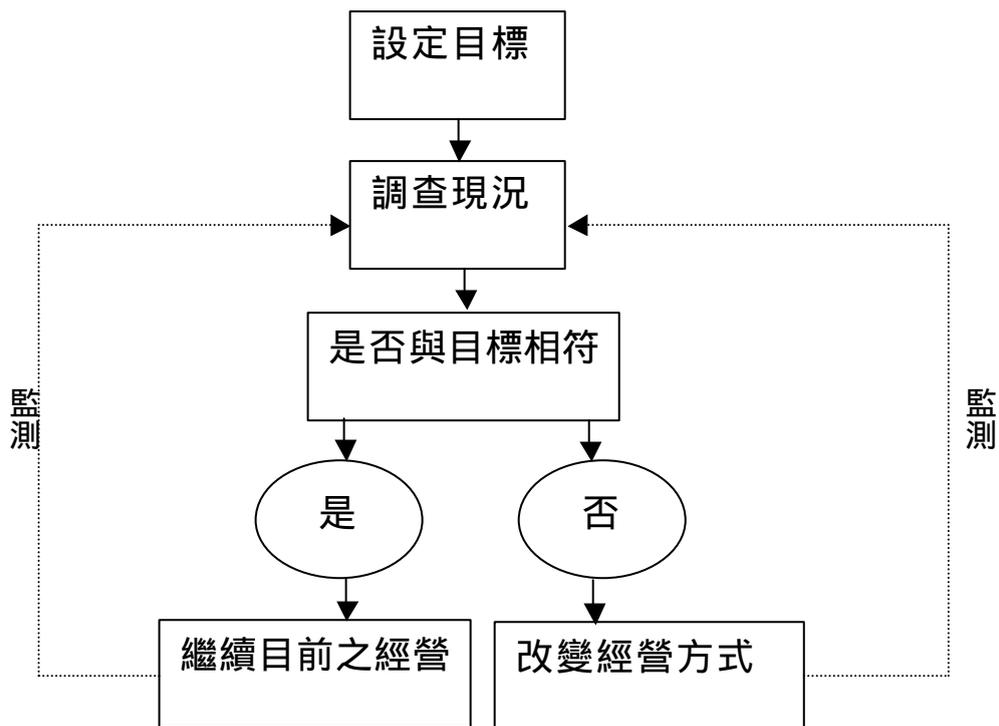


圖 2-3-2 LAC 應用在遊憩衝擊經營之規劃架構
(資料來源：Hammitt & Cole ,1998)

二、遊客衝擊經營管理 (VIM) 理論

任何有關遊憩衝擊的經營，必須與管理措施相互配合，應用衝擊之調查研究結果，制定可行之保育策略，並執行妥善的經營管理計畫，才能達到有效控制環境資源衝擊之範圍和強度的目標。Graefe, Kuss 和 Loomis (1986) 曾針對遊憩衝擊制定了一套與 LAC 規劃系統相類似的遊客經營管理 / 規劃程序 (visitor impact management / planning process)，如圖 2-3-3 所示。其步驟如下：

(一) 有關資料的評估與回顧 (preassessment of data base review)

搜集以往的研究資料，檢討法令及政策方向，將遊憩區的現況與基本資料、遊客調查 (包括遊客特性、動機和參與的方式) 管理資料及過去相關研究加以分析。

(二) 經營管理目標之檢討與確定 (review of management objectives and specification)

檢討現行經營管理目標是否偏離政策導向，確定資源經營管理之目標及所提供之遊憩體驗型態，需符合生態與社會條件。

(三) 選擇關鍵性之衝擊指標 (Selection of key indicators)

依經營管理目標選擇最適切之衝擊指標，包括可定量觀測之生態變數及社會變數。所選定的指標因子必須符合以下四個條件：

1. 可直接觀測
2. 觀測容易
3. 與經營目標有直接的相關性
4. 對使用情形具相當的敏感性

(四) 決定所選擇的衝擊指標標準 (Selection of standards for key impact indicators)

因應經營管理目標，制定關鍵指標之可接受改變限制，將關鍵情況作定量描述。

(五) 指標因子現況與標準相比較 (comparison of standards and existing conditions)

在現場觀測生態及社會變數，將關鍵指標之現況與制定標準 (即 LAC) 作比較，觀察其偏離標準情形。如無偏離，表示情況尚在容許限制之內，則需繼續進行長期之監視；如發現超過可接受的改變限度 (LAC)，則接著再進行以下的步驟。

(六) 研判造成衝擊的原因所在 (identification of probable causes for impacts)

於發現超過可接受的改變限度 (LAC) 之後，則進行造成衝擊因子之研判。著手檢討使用型態、遊客停留時間之長短、進出遊憩區團體之大小、遊客使用時間、使用時間或地點的集中性、高程度使用期間頻率、所有的使用量和遊客行為等各項變項因子，並且考慮環境特性，以分離出最可能導致衝擊的原因。

(七) 制定經營管理策略 (identification of management strategies)

找出造成衝擊的原因所在後，則需制定完善的管理經營策略。有效的管理並不只限於容許量與使用的限制，以經營管理理論所介入的層次來分，經營管理策略大致可分為三種，即間接影響遊客行為、直接管理遊客行為、處理善後。

(八) 實行 (implementation)

依據上一個步驟決定經營管理策略之後，儘速實行，以便將衝擊降至可容忍的限制之內。此一經營管理策略之管理過程需進行長期的監視記錄，並回復到第五項步驟做比較工作，檢討此一經營管理策略的實行是否能達成預期之目標。

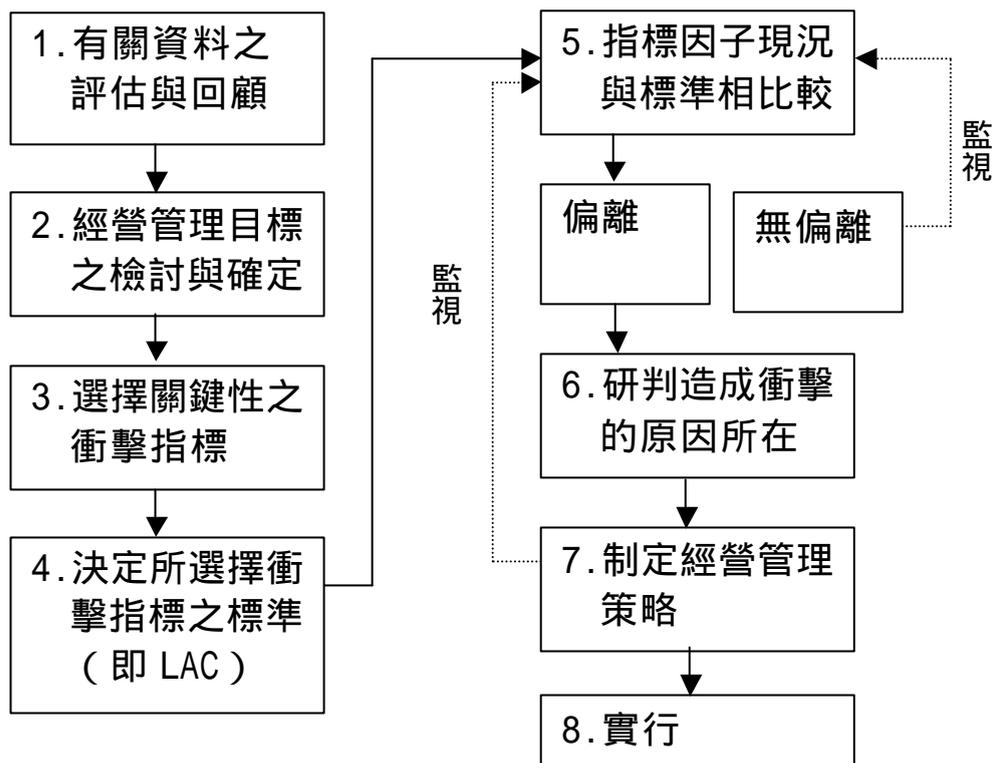


圖 2-3-3 遊客衝擊經營管理 (VIM) 程序圖
(資料來源：Graefe et al., 1986)

第三章 基地概況

第一節 自然環境

一、位置與範圍

合歡山地區位於台灣中部地區，在地理位置上屬合歡群峰；在行政區域上位於南投縣仁愛鄉，東與花蓮縣秀林鄉為界。東界北起合歡北峰，沿中橫霧社支線（即台十四甲公路）經合歡山群峰、武嶺而進入南投縣之昆陽止。

二、地形地勢與坡度

合歡群峰高度約介於 3,100~3,400 公尺間。合歡群峰由西北側觀之，則全景峭壁危聳，東南側全是起伏平緩的山坡。其西北側之斷崖常是構造清晰的岩層剖面，東南側的緩坡多為植生茂密的草坡，此與東面的緩坡造成本區單面山和鋸齒狀山形。

三、地質與土壤

（一）地質

本研究範圍屬於中央山脈地質區西部亞區之脊樑山脈，是由第三紀變質及亞變質泥質岩層構成。地質年代為中新世廬山層，主要含變質泥質岩層，由硬頁岩、板岩、千枚岩及硬砂岩組成，含有零星之泥灰岩團塊。

本區屬造山運動隆起之變質岩區，且河流下切作用極旺盛，陡峻邊坡上土壤侵蝕嚴重，土層淺薄。但在河階地、河谷及山間盆地間，因地形隱蔽，適合沖積物堆積，因此土壤孕育較肥沃，林木易生長成大面積原始林。受地形及氣候影響，三千公尺以上亞高山稜脊的土壤淺薄，其上僅能生長淺根或盤纏之匍匐性植物。

（二）土壤

本研究步道的土壤屬於石質土，此種土壤分佈於中央山脈之山峰稜脊處，以立霧溪集水區為主。因風化作用劇烈，極易崩解，常出現裸露岩石及碎石坡，土壤發育不良。

四、氣候

依據中央氣象「中華民國氣候資料年報」中之合歡山測站
1997~2001 年的資料，可得以下之數據：

(一) 氣溫

合歡山月平均氣溫介於-0.2 ~9.4，七、八月的月均溫最高，一、二月的月均溫最低。

表 3-1-1 1997~2001 年合歡山平均氣溫統計表

單位：

年\月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	平均
2001	-0.2	2.6	2.8	4.8	7.7	8.6	9.6	10.0	8.7	8.1	3.2	1.7	5.6
2000	-0.1	1.0	2.8	5.2	7.7	9.1	9.3	9.0	8.5	8.5	6.0	2.8	5.8
1999	1.1	0.5	4.5	6.1	6.3	9.2	9.4	8.9	9.1	7.3	4.7	1.4	5.7
1998	0.3	0.6	4.0	5.5	8.1	8.5	9.6	10.1	9.0	8.2	5.8	3.7	6.1
1997	-1.9	0.8	3.4	4.5	7.1	8.1	9.0	9.2	8.3	6.6	3.8	1.3	5.0
平均	-0.2	1.1	3.5	5.2	7.4	8.7	9.4	9.4	8.7	7.7	4.7	2.2	-

(二) 降水量

合歡山月平均降水量以六月最多 3620.5mm、以十一月最少 299.0mm。降水日數五月最多，有 16~27 天；十一月最少，有 6~15 天。

表 3-1-2 1997~2001 年合歡山降水量統計表

單位：mm

年\月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	小計
2001	284.5	94.0	209.0	558.5	786.5	543.5	603.0	83.5	677.0	99.0	54.5	53.0	4046.0
2000	153.5	955.5	219.5	1098.0	330.0	603.5	315.0	523.5	90.5	219.5	134.0	128.5	4771.0
1999	140.5	53.0	434.0	130.5	969.0	390.0	515.5	389.0	117.0	73.0	43.5	109.0	3364.0
1998	164.0	929.5	401.0	336.0	312.0	963.0	73.0	244.5	212.0	521.5	63.0	215.5	4435.0
1997	99.5	355.0	363.5	177.5	528.5	1120.5	388.0	621.5	238.0	51.5	4.0	57.5	4005.0
小計	842.0	2387.0	1627.0	2300.5	2926.0	3620.5	1894.5	1862.0	1334.5	964.5	299.0	563.5	-

表 3-1-3 1997~2001 年合歡山降水日數統計表

單位：天

年\月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
2001	16	11	18	24	27	22	20	13	19	9	8	6
2000	7	20	19	25	17	18	16	23	14	12	15	12
1999	14	6	17	20	25	21	26	20	14	15	7	13
1998	15	24	18	17	25	20	8	17	17	16	13	11
1997	12	18	14	15	16	20	23	19	11	10	6	13
小計	64	79	86	101	110	101	93	92	75	62	49	55

(三) 濕度

合歡山地區遇濕潤氣流沿立霧溪而上，相對濕度較高，達 85 % 以上，並形成霜雪。

(四) 雲霧

本區隨著天氣之轉變隨時都會有濃霧產生，濃霧產生的時間一年之中，春天經常發生，幾乎天天都有，秋天是一年之中雲霧最少之季節。冬天寒流來襲時、夏天颱風來襲時及午後經常產生濃雲霧。

(五) 風雪

在冬季東北季風挾著大量的水汽經蘭陽平原沿著山谷而上，由於氣溫驟降，往往在本區降下大量的雪並挾著強勁的季風，除阻截交通外，電信、水、電皆受影響。本地區積雪時間長達三、四個月，約自每年十二月下旬起至翌年二、三月不等，積雪大部份集中於昆陽至克難關、小風口間。

五、植物生態景觀

本區植被屬亞高山針葉林群系，植物群系易辨識，主要為台灣冷杉及玉山圓柏混生林。以下介紹分布其中的植物社會。至於在調查步道時，於步道兩側實際觀察到的植物種類，詳見於附錄一：合歡山調查步道沿線維管束植物名錄。

(一) 玉山圓柏社會

玉山圓柏是最主要的組成，在本區雖經常長成矮小的灌叢，但其遺傳因子中有長成高大喬木的潛能，經常與玉山杜鵑、南湖杜鵑、玉山箭竹、玉山小蘗、玉山當歸等混生，呈現多樣且複雜的矮性灌叢植物社會。

(二) 玉山箭竹草甸社會

合歡山群主要植被為玉山箭竹，其可延伸至 3500 公尺甚至更高的地方，亦可生長低至海拔一千餘公尺，與高山茅上下列位。在迎風面形成較乾燥之低矮草甸；而於低窪谷地，因土壤較厚、濕度較高，可形成高 2 公尺的高厚草甸。

(三) 冷杉林社會

台灣冷杉為台灣特有種，其沿稜生長，林相優美單純。在演替中與台灣二葉松共組，經火災後，則形成箭竹草甸或二葉松林。

第二節 選定之步道使用現況

以下介紹選定進行調查之三條步道，即合歡北峰、合歡東峰、石門山三條步道之使用現況。

(一) 合歡北峰

合歡北峰實際應稱為「北合歡山」，但大眾已習慣合歡北峰的名稱。因其是座獨立的山峰，和合歡山系並不相連。

1. 登山口位置

合歡北峰登山口位於霧社支線 37.1K 處，北峰有兩個登山口，位置非常接近，東側登山口是較為避風的山腰路；西側登山口是較多人行走的稜線路。本研究即選定由西側登山口攀爬的稜線路為調查對象。

2. 步道海拔變化、水平距離及步程

登山口高度海拔 2850 公尺，北峰峰頂高度 3422 公尺，海拔變化約 570 公尺。由登山口至峰頂的步道長度約為 1.9 公里。登頂花費時間約 80 分鐘，往返約費時 135 分鐘。

3. 路線與路況

路線：登山口 反射板 合歡北峰峰頂

本研究選定之稜線路為較多人攀爬的路線，與山腰路會於反射板會合，稜線路沿路展望較佳，但天候不好時有風勢大的困擾。俯視登山口下方谷地中可見一個水池，稱為小風口水池。登山口走來為頗陡的長坡，路跡明顯但路常分叉為兩條，續行一段後又相連，一直到接近反射板時才是平緩的箭竹草坡。

反射板是合歡北峰最明顯的地標，其位於北峰峰頂東南方的一個小山頭上，附近地點平坦開闊適合略作休憩停留，向西北前進約 20 分鐘後可登頂，登頂前要先奮上頗陡的一個坡面。北峰峰頂是稜線三叉點，即有三條稜線在此交會，一條呈東南向為攀爬北峰的來時稜線，另一條北向的稜線為太魯閣國家公園的界線，至於西向的稜線是通向合歡西峰。

4. 步道鋪面狀況

呈現完全自然的狀況，無任何人工設施物。

(二) 合歡東峰

東峰位於花蓮與南投交界、合歡群峰中間。

1. 登山口位置

東峰有三個登山口，一般最多人走的登山口在合歡山莊對面，位於霧社支線 33K 處；另一登山口位於松雪樓（海拔 3120 公尺）上方，與上一登山口相距約一百公尺，沿著東坡上升後約 30 分鐘後接上前路；最後一個登山口位於武嶺（海拔高度 3275 公尺），向東方前進由東峰西面直上峰頂，途中灌叢、箭竹較高，路跡不甚明顯。本研究即選定由合歡山莊對面攀爬的路線為調查對象。

2. 步道海拔變化、水平距離及步程

登山口高度海拔 3150 公尺，東峰峰頂高度 3421 公尺，海拔變化約 270 公尺。由登山口至峰頂的步道長度約為 0.9 公里。登頂花費時間約 65 分鐘，往返約費時 115 分鐘。

3. 路線與路況

路線：登山口 坡度甚陡的路段 坡度緩和路段 合歡東峰峰頂

本研究選定之路段為最多人攀爬的路線，由登山口開始即為甚陡的長坡，路跡明顯但非常多分歧，大部分能相連，少部分是通往平坦的地方（可觀景）或誤入歧途。步道上有明顯的沖蝕溝，甚至可深達一個人的高度。續行步道 200 公尺後，才開始坡度較緩和的路段，步道全程在矮箭竹草坡上蜿蜒，步道後段視野極為開闊，可眺望遠山，峰頂有兩相鄰高點，南側較高，東峰峰頂並無三角點。

4. 步道鋪面狀況

呈現完全自然的狀況，無任何人工設施物。

(三) 石門山

石門山從登山口至峰頂僅需 30 分鐘，步道上有階梯的輔助，是合歡山最容易攀爬的一座，亦是最易攀爬的百岳。

1. 登山口位置

由於公路由石門山緩和的西側腰繞而過，所以只要有路

跡可循，由公路向東上攀後在沿稜向北即可抵達，所以石門山登山口有好幾處，最傳統且最多人攀爬的登山口在舊滑訓中心對面，位於霧社支線 33.5K 處；最短路線的登山口在石門山北側小崩壁旁，即石門北峰登山口對面。本研究選定由舊滑訓中心對面攀爬的傳統路線為調查對象。

2. 步道海拔變化、水平距離及步程

登山口高度海拔 3160 公尺，石門山峰頂高度 3237 公尺，海拔變化約 80 公尺。由地圖判斷，由登山口至峰頂的步道長度約為 0.7 公里。登頂花費時間約 30 分鐘，往返約費時 50 分鐘。

3. 路線與路況

路線：登山口 平台 石門山峰頂

本研究選定之路段為最多人攀爬的路線，且因一路上步道隨地形緩緩上升，較陡處有木棧道輔助，所以常見扶老攜幼的家庭同遊。

4. 步道鋪面狀況

經過國家公園規劃，陡處鋪設木棧道，部分步道及平台處的表面鋪有礫石。

表 3-2-1 選定之步道基本資料一覽表

山岳名稱	登山口	海拔變化 (m)	步程	步道長度 (km)	路線
合歡北峰	小風口附近 (37.1K)	2850m 3422m 上升約 570m	往80分，返55分， 共計2小時15分	1.9	登山口 反射板 合歡北峰峰頂 3070m 鞍部窪地 合歡西峰峰頂
合歡東峰	合歡山莊 (33K)	3150m 3421m 上升約 270m	往65分，返45分， 共計1小時50分	0.9	登山口 坡度甚陡的 路段 坡度緩和路段 峰頂
石門山	舊滑訓中心 (33.5K)	3160m 3237m 上升約 80m	往30分，返20分， 共計50分	0.7	登山口 平台 峰頂

資料來源：本研究整理

第三節 選定之步道衝擊問題探討與研究問題界定

一、步道衝擊問題探討

本節進一步對上一節選定之三條步道進行踏勘，之後描述目前步道之衝擊現象，並推測其可能形成的原因，以作為研究方法研擬之依據，詳見下表。

表 3-3-1 步道衝擊現象及可能原因

步道別	步道衝擊現象	可能原因
合歡北峰	<ul style="list-style-type: none"> 、北峰步道前段沖蝕情形嚴重，步道明顯凹陷。 、步道寬約 0.7 公尺，路旁偶有面狀土壤裸露。 、步道全程偶有步道嚴重加寬及凹陷。 、步道旁有分生步道。 	<ul style="list-style-type: none"> -1 步道坡度較陡 -2 遊客較多 -1 步道上或步道附近為視野良好之觀景點。 -2 陡坡後適合休息的點(坡度較緩、視野遼闊、有喬木遮蔭、灌木較少等) -1 步道坡度較陡 -2 岩石地形或土壤中含有巨石 -1 步道坡度及邊坡坡度較緩 -2 受灌木或高大箭竹遮蔽嚴重之處，容易走岔而產生分生步道 -3 休息點附近，遊客走離步道數公尺至隱蔽處大小便
合歡東峰	<ul style="list-style-type: none"> 、東峰步道前段沖蝕情形嚴重，步道明顯凹陷。 、步道寬約 0.7 公尺，路旁偶有面狀土壤裸露。 、步道旁有分生步道。 	<ul style="list-style-type: none"> -1 步道坡度較陡 -2 遊客較多 -3 步道上架設管線 -1 步道上或步道附近為視野良好之觀景點。 -2 陡坡後適合休息的點(坡度較緩、視野遼闊、喬木遮蔭、灌木較少等) -1 步道坡度及邊坡坡度較緩。 -2 休息點附近，遊客走離步道數公尺至隱蔽處大小便。 -3 步道兩旁視野可及處有明顯的眺望點。
石門山	<ul style="list-style-type: none"> 、步道旁有分生步道。 、步道寬約 0.7 公尺，兩側有擴大的現象。 	<ul style="list-style-type: none"> -1 步道坡度及邊坡坡度較緩。 -2 石門山舊道。 -3 未由登山口開始攀爬，而由公路任一點直接切至步道的中段的路徑。 -1 遊客兩人或三人並排行走，踐踏至鋪面兩側之箭竹。

由以上的觀察可發現，在不同的步道間，同一種現象並非是完全同樣的原因組成，例如同樣是步道旁有分生小徑的現象，在北峰就有可能是因為遊客視線受灌木或高大箭竹遮蔽，而容易走岔所以產生分生小徑。但東峰幾乎沒有這樣的現象，因為東峰的步道全程皆在寬闊低矮的箭竹草甸上蜿蜒。但在東峰步道兩側視線可及處因常有低矮的山頭，適合作為俯視合歡山莊及四周景色的觀景點，所以會因而產生分生小徑。但在北峰則因步道本身多在稜線上蜿蜒，遊客在行走時已可眺望遠方，所以較不會刻意離開步道至兩旁的山頭。

另外亦可發現，一個現象並非單一的因子所組成，所以再進行衝擊影響因子定量的分析時，亦要輔以定性的觀察，以判別衝擊的可能原因。

二、研究問題界定

本次研究之問題主要有兩部份：一是合歡山地區三條步道之衝擊程度及範圍。二是分析衝擊現象之影響因子。而在衝擊現象之影響因子分析部份，因其現象與影響因子之關係較為複雜，藉由基地問題之分析，確立其研究課題如下表。

表 3-3-2 步道衝擊現象及研究課題

步道衝擊現象	研究課題
合歡北峰步道	1. 步道旁有面狀土壤裸露(步道加寬)與步道坡度有關。 2. 步道旁有面狀土壤裸露與邊坡坡度有關。 3. 土壤硬度增加與步道坡度有關。 4. 土壤硬度增加與邊坡坡度有關。
合歡東峰步道	1. 步道旁有面狀土壤裸露(步道加寬)與步道坡度有關。 2. 步道旁有面狀土壤裸露與邊坡坡度有關。 3. 土壤硬度增加與步道坡度有關。 4. 土壤硬度增加與邊坡坡度有關。
石門山步道	1. 步道旁有面狀土壤裸露(步道加寬)與步道坡度有關。 2. 步道旁有面狀土壤裸露與邊坡坡度有關。 3. 土壤硬度增加與步道坡度有關。 4. 土壤硬度增加與邊坡坡度有關。

第四章 研究方法

第一節 遊客數量及旅遊特性經歷之調查分析

- (一)由文獻資料蒐集合歡山地區歷年之遊客人數調查統計資料進行統計分析。
- (二)進行合歡山地區遊客之預定停留時間、從事遊憩活動種類等之調查訪問。

第二節 步道沿線植群及土壤衝擊之調查分析方法

回顧以往國內外針對遊憩活動所引起的環境衝擊之研究，常以下列三種研究方法進行：1.既成事實之分析 (after-the-fact analysis); 2.對改變現象作長期監視 (monitoring of change through time) 及 3.模擬試驗 (simulation experiment)。上述三種研究方法在應用上各有其優缺點 (蘇鴻傑, 1987, 劉儒淵, 1989, 林秀娟, 1996), 茲簡述如下：

1. 既成事實之分析

在遊憩活動與環境衝擊已達平衡狀態的系統中。選擇遊客壓力不同的地點作調查比較，或在相同的遊憩使用情況下。比較不同地點所產生的衝擊效應之差異。此種調查方式能迅速獲得野外資料，但無法明確瞭解植群和其他環境因子的改變方式及速率。

2. 對改變現象作長期監視

通常由開始使用階段，即連續作長期調查，分析使用方式及強度逐年變化所產生之反應。長期監測調查所得到的資料最為完整，但所需的時間很長，且人力及經費不貲，等到調查有了結果，植群或其他資源往往已遭受無法恢復的重大損害。

3. 模擬試驗

由人工模擬遊客使用方式。精確控制使用強度以觀察其影響程度。此種方法可依據研究者本身的構想，在不同地點設計出不同類型的衝擊模式，以預估在不同遊憩型態與強度下所產生之衝擊效應，但此種模擬數據與實際經由長期遊客使用所產生的衝擊效應，往往有很大的差距。

本研究以植群變化為指標，輔以土壤硬度之變化，採遊憩衝擊研究方法中的既成事實之分析方法，設定樣區，調查步道及兩側所遭受之踐踏衝擊，本方法適用於遊憩活動與環境衝擊已達平衡狀態之系統中，選擇遊客壓力不同之地點加以調查比較，優點在於容易觀察，隨時可以調查，立刻解決問題；缺點在於無法掌握時間演進，或與遊客量做分析。

一、樣區之設置及觀測項目

(一) 連續梯度樣區

在經過基地初探後，本研究發現三條步道平均的寬度都在 0.7 公尺左右，所以設置連續梯度樣區時，調查方式是以步道中心點算起，向兩側向外各量 0.35 公尺，假設這是步道的原始寬度。但由於石門山步道部分的路段鋪設了木條或石塊，當鋪面超過 0.7 公尺時，若將木條或石塊當作步道兩側的第一小區測量顯然不夠客觀，所以在石門山有鋪面的路段，梯度樣區由鋪面邊緣開始設置。

為確實而客觀地瞭解各步道兩旁之衝擊影響範圍，依據步道長短差異分別在各步道設置連續梯度樣區三處以上。由步道邊緣起算，在與步道垂直之上、下邊坡方向設立 8 個連續之調查小區，其面積各為 1*1 平方公尺（如圖 4-2-1），記錄出現之植物種類、覆蓋度（coverage）、指標種（玉山箭竹）之高度及土壤硬度等之觀測結果，並繪製曲線圖，比照因素的陡階檢定（scree test）方式（黃俊英，1988），由陡降曲線轉趨平緩之位置來研判遊客在步道兩側之影響範圍，並決定對照樣區組調查小區之數目。

在初勘時亦發現，由合歡北峰及合歡東峰步道兩者的登山口往上開始攀爬的數十公尺內，有嚴重的土壤裸露、步道凹陷、步道變寬的現象，其中合歡東峰步道的登山口處又較合歡北峰登山口處嚴重。在北峰步道的前段嚴重衝擊處由於步道兩側的邊坡過陡無法設置樣區，故北峰步道的調查並沒有包括到這一段。至於東峰步道前段嚴重衝擊處之步道可達寬約 4 公尺、深可達約 1.5 公尺，由於此段的分生小徑多，由步道邊緣試設 8 公尺的樣帶時，總是會遇到分生小徑，故無法順利的取樣，所以合歡東峰前段嚴重衝擊處亦沒有在調查範圍內。

(二) 對照樣區組

由前項連續梯度樣區之分析結果，確認各步道之衝擊影響範圍後，接著進行對照樣區之設置。各步道自起點起每間隔約 50 公尺在步道兩側或一側設置一個調查樣區組，由步道邊緣向外側垂直方向各設置 2 或 3 個相鄰的小區 (a.b.c.，依連續梯度樣區研判結果而定) 每一小區區面積 1*1 平方公尺，另在離步道邊緣 5~6 公尺間未遭受衝擊地區設置一個面積相同之對照小區 (d) 供為比較 (如圖 4-2-2)。各步道視距離長短，其樣區組數目約 10~40 個。

(三) 各樣區觀測之變數包括下列各項

1. 坡度：以傾斜儀觀測樣區地面及步道之傾斜角。
2. 步道邊坡坡度：以傾斜儀觀測樣區所在邊坡之傾斜角。
3. 土壤硬度：以山中式土壤硬度計 (Yamanaka's soil hardness tester) 測試，可直接由硬度計上之刻度讀出，單位為 mm。
4. 植物種類：以植物學名及中名登錄之。
5. 植物覆蓋度：包括樣區全區之總覆蓋度，以及各種植物之個別覆蓋度，以百分率大致估計之。
6. 指標種之高度：用捲尺測量各樣區內 3 個測點之玉山箭竹之平均高度，單位為公分。
7. 步道型式：記錄樣區所在之步道鋪設型式 (研究範圍內共三種：有緣石的泥土鋪面，枕木階梯，礫石級配)

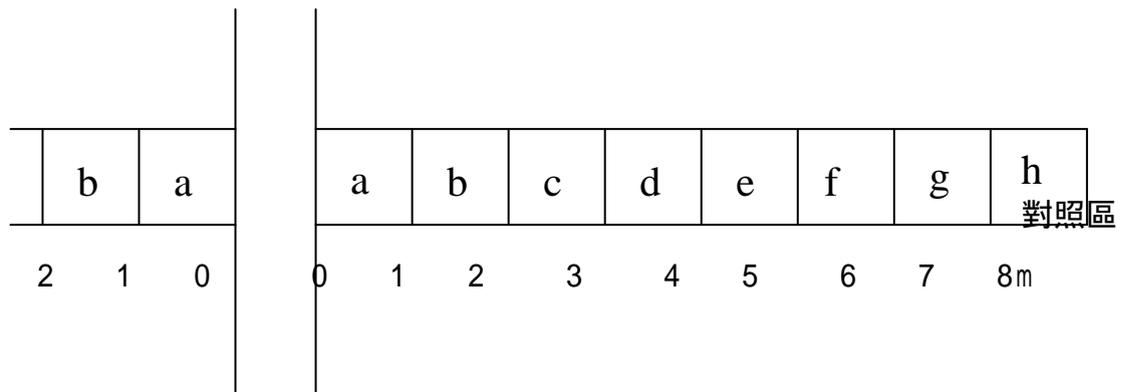
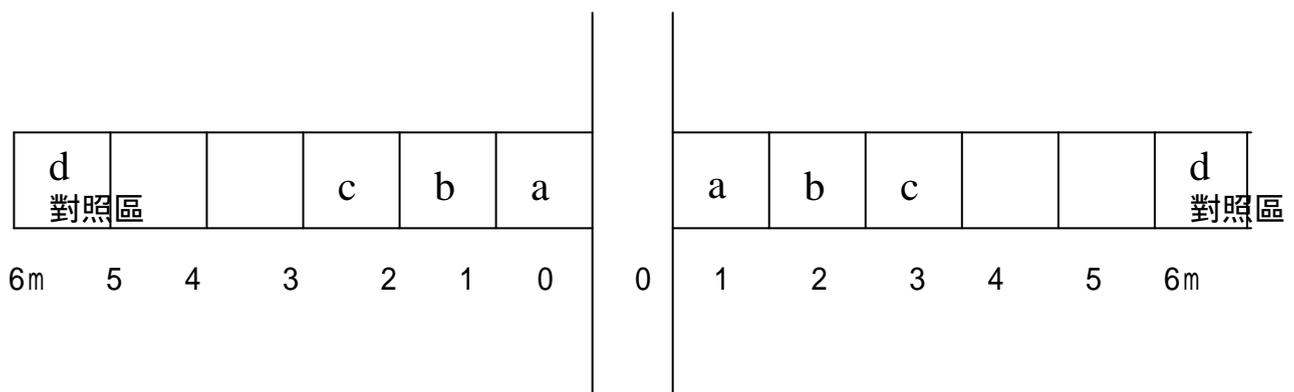


圖 4-2-1 連續梯度樣區設置方法示意圖



調查小區 : a-距步道邊緣 0-1 公尺之矩形樣區
 b-距步道邊緣 1-2 公尺之矩形樣區
 c-距步道邊緣 2-3 公尺之矩形樣區

對照小區 : d-距步道邊緣 5-6 公尺之矩形樣區

圖 4-2-2 對照樣區設置方法示意圖

二、衝擊效應之統計及分析方法

前項野外調查所得到的單一樣區之現況資料，經與對照區比較及統計後，可顯示各樣區之植群及土壤遭受衝擊後之改變程度。經採用 Spearman Rank 相似性係數檢定法，以 SPSS for Windows 套裝軟體之程式（李沛良，1994），分別統計運算各步道所有調查小區各項衝擊調查介量兩者之相關情形，除探討各項衝擊效應與其環境因子之關係外，並供為選定衝擊監測指標因子之參考。各項衝擊效應之統計方法如下：

（一）植群覆蓋度及種類之改變

應用 Cole(1978)所提出覆蓋度減少率(cover reduction, CR)及植相變異度(floristic dissimilarity, FD)兩種參數之統計法加以計算。

$$CR(\%) = (C2 - C1) \times 100 / 2$$

式中 C2 為未受影響對照樣區之植群覆蓋度，C1 為受衝擊樣區之植群覆蓋度。

$$FD(\%) = 0.5 \sum_{i=1}^I (P_{i1} - P_{i2})^2 / (P_{i1} + P_{i2})$$

式中 P_{i1} 為某種植物 i 在受衝擊區之數量， P_{i2} 為該種植物在未受影響（對照）區之數量，用相對頻度(relative frequency)及相對覆蓋度(relative coverage)所合成之重要值(importance value)表示。

（二）指標植物高度降低率(height reduction, HR)(劉儒淵, 1992)

$$HR(\%) = (H2 - H1) \times 100 / H2$$

式中 H2 為未受影響對照區指標植物(玉山箭竹)之平均高度，H1 為受衝擊樣區指標植物之平均高度。

(三) 植群衝擊指數 (Index of Vegetational Impact, IVI)
(劉儒淵 , 1993a)

$$IVI (\%) = (CR+FD+HR) / 3$$

將各調查樣區或小區之 CR、FD 及 HR 等三項植群衝擊效應加以平均。即為該樣 (小) 區之植群衝擊指數，可大致顯示出各調查地區綜合性的植群衝擊程度 (劉儒淵 , 1993a)。為便於比較及描述，本研究依衝擊指數之多寡將其分為 4 個等級：

級 - IVI 僅在 40% 以下，植群衝擊程度輕微。

級 - IVI 值在 40-60% 之間，植群衝擊程度中等。

級 - IVI 值在 60-70% 之間，植群衝擊程度嚴重。

級 - IVI 值在 70% 以上，植群衝擊程度極為嚴重。

(四) 土壤硬度之改變

將樣區內各測點之土壤硬度加以平均，即得該樣區之平均土壤硬度。由土壤硬度增加率 (soil hardness increase , SHI) 之多寡 (與對照區之平均土壤硬度相較)。可明顯反應出衝擊程度的大小 (谷本與鈴木 , 1985)，其統計方法如下：

$$SHI (\%) = (SH1-SH2) \times 100 / SH2$$

式中 SH1 為受衝擊樣區之土壤硬度，SH2 為未受影響對照區之土壤硬度。

第三節 可接受改變的限度之測定

利用可接受改變的限度 (LAC) 之觀念，決定可接受改變的限度之標準，可作為經營管理遊憩衝擊的依據，或評估目前使用狀況是否逾越標準。這是一種主觀判斷的問題，而非科學技術性之問題

(Stankey et al., 1985, 陳昭明等, 1989), 通常可由經營管理者、學者專家或使用者 (遊客) 共同決定，判斷之依據為經營管理者之目標、使用者之期望以及當地之生態特性 (陳昭明, 1989)。

由於合歡山地區的步道衝擊現象尚未被廣泛的討論，表示衝擊現象可能低於低度衝擊或界於低度衝擊及中度衝擊，故在本研究中之可接受改變的限度之測定對象僅針對現場之遊客。由於遊客的成分較為複雜，整體來說，比起經營管理者及專家學者其對環境的敏感度較差，但遊客可在現場對步道環境進行實際的觀察。針對遊客做調查亦可得到較大量的樣本資料。

而在從事 LAC 測定時，其指標因子的選擇必需符合四個條件：1. 可直接觀測；2. 觀測容易；3. 與經營管理目標密切相關；4. 對使用情形具相當的敏感性。因此，本研究選定土壤裸露度 (相對於植物覆蓋度) 為指標，針對上述各測定對象進行訪問調查，由訪談員以 6 張不同等級的模擬相片，配合問卷 (如附錄二) 進行勾選。

第五章 結果與討論

第一節 遊客人數與旅遊特性分析

一、遊客人數與旅遊淡旺季

依據交通部觀光局「中華民國觀光年報」，民國 89 年合歡山地區遊客人次為 4,842 人次；民國 90 年為 8,521 人次。推測可能原因為 88 年 9 月發生之 921 地震造成交通中斷，所以自地震發生至 89 年底旅遊人次呈現衰退現象，至 90 年遊客人數回升。

遊客人次最多的月份為 1 月，之後依次為 12 月，1 月，11 月，7 月，10 月，8 月等。每年 12 月至翌年 3 月都有降雪的機會，2 月適逢春節連假，7、8 月學生暑假，都應是形成合歡山地區旺季的原因。

表 5-1-1 2000~2001 年合歡山地區各月份旅遊人次統計表

年\月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	小計
2000	621	555	89	196	389	299	478	412	255	472	425	651	4,842
2001	1,032	1,002	458	546	536	641	868	693	172	672	920	981	8,521
平均	827	779	274	371	463	470	673	553	214	572	673	816	-

資料來源：中華民國觀光年報，交通部觀光局

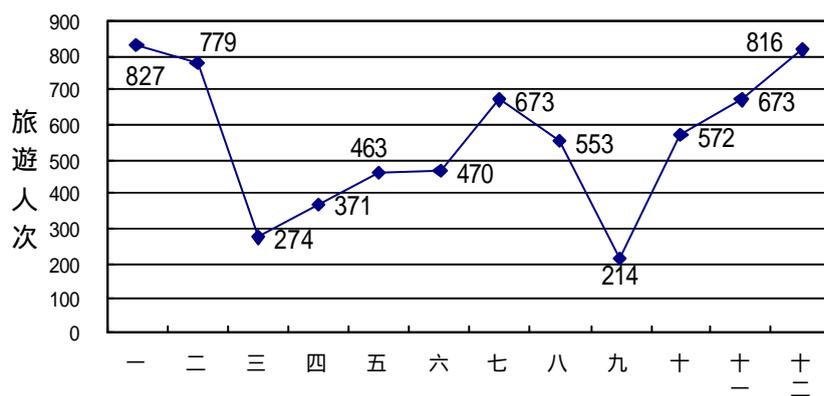


圖 5-1-1 2000~2001 年合歡山地區各月份平均旅遊人次圖

二、遊客旅遊特性及經歷分析

本次進行遊客問卷調查的母體界定為至合歡山地區進行遊憩者，路過者包括在內。本問卷於 91 年 11 月 7 日進行試測，受測者以一般民眾為對象，以檢驗問卷題目之語句敘述。問卷正式調查時間為 91 年 11 月 15 日至 17 日，其中 15 日為非假日，16 及 17 日為假日。取樣時採取系統採樣法，訪員分別於合歡山地區的合歡山莊停車場及合歡山管理站停車場進行調查，共發出問卷數 376 份，扣除廢卷數 5 份，有效問卷為 371 份。

依據本研究遊客問卷的結果，可得到遊客旅遊特性及經歷的分析。旅遊特性包括有停留時間、同行人數、同行者、活動安排單位及交通工具等。旅遊經歷則將重點放在遊客對步道使用的狀況，問題包括：此行最主要的目的、參加高山登山活動次數、預定攀爬山岳等。

(一) 此行最主要的目的 (可複選)

遊客此行最大的目的以「體驗自然」及「抒發壓力」為主，分別約為 65% 及 42%。選擇「登山健行」者約有三成，再者為「團體活動」約有 24%、「增加知識」約 10%。選擇「其他」者的目的為路過或是工作。

(二) 參加高山登山活動次數

選擇「2-5 次」者最多約有四成，「0 次」、「1 次」及「6 次以上」者差異不大。結果顯示受訪者中約有六成有 2 次以上參加高山登山活動的經驗。

(三) 預定攀爬山岳 (可複選)

有將近一半的受訪者表示本次旅遊中沒有攀爬山岳的計畫。預定攀爬「合歡主峰」、「合歡東峰」、「石門山」者皆佔有二成以上，人數由 97 人-84 人不等，至於「合歡北峰」則有約 18% 的受訪者預定攀爬，計有 63 人。

(四) 停留時間

此處的停留意指在太魯閣國家公園內花的時間，其中以「2 天」及「1 天」者為最多，佔有約 43% 及 33%，符合週休二日的

休閒型態。再者為單純「路過」者，亦佔有約 14%。有 3 天以上的停留計畫者甚少，並隨天數漸增而人數漸減，其中並沒有預定停留 6 天以上者。

(五) 同行人數

結果顯示此地的遊客多以 3 人、6 人的小型團體出遊，約佔有 3 成，符合最多人使用的交通工具（汽車）的承載量。其次為 7、11 人及 12、21 人的中型團體，依次各約為 20% 及 15%，他們亦多以汽車為交通工具。2 人、32、41 人、42 人以上的團體相差不大，各約佔有 8%、9%，2 人多以汽車為交通工具，42 人以上團體多以遊覽車為交通工具，32、41 人團體則不一定。

(六) 同行者

與「朋友或同學」出遊者最多，約有 42%，其次為「團體旅遊」及「家人」約各佔二成。

(七) 活動安排單位

大多數為「自行」安排，約有七成。學校社團及民間社團加總起來約佔二成。

(八) 交通工具

大多數以「汽車」為交通工具，約佔有七成，符合目前國民旅遊的特性。搭乘「遊覽車」者次之，佔有約二成。以「機車」至高山型遊憩區者明顯地僅佔少數。

(九) 小結

由體驗自然、抒發壓力、登山健行等最多遊客從事的活動型態觀之，的確符合高山型國家公園的旅遊型態。由預定攀爬山岳問題中，遊客由多依次為：合歡主峰、合歡東峰、石門山、合歡北峰等，其中主峰由於未列入調查所以不針對其植被及土壤的衝擊予以討論，但由於主峰已是老少咸宜之健行步道，在保持景觀之外更要加強一些必要的安全措施。

表 5-1-2 遊客旅遊特性及經歷次數分配表

分析項目	各項旅遊特性	樣本數	百分比 (%)
此行最大的目的 (可複選)	登山健行	104	28.0
	體驗自然	240	64.7
	增加知識	38	10.2
	團體活動	87	23.5
	打發時間	25	6.7
	抒發壓力	156	42.0
	交友	27	7.3
	學術研究	16	4.3
	其他	8	2.2
	合計	701	188.0
參加高山登山 活動次數	0次	78	21.0
	1次	68	18.3
	2-5次	148	39.9
	6次以上	74	19.9
	遺漏值	3	0.8
	合計	371	100.0
預定攀爬的山岳 (可複選)	無	167	45.0
	合歡主峰	97	26.1
	合歡東峰	92	24.8
	合歡北峰	63	17.0
	合歡西峰	23	6.2
	石門山	84	22.6
	石門山北峰	8	2.2
	合歡尖山	40	10.8
	其他	17	4.4
	合計	591	159.1
停留時間	0天(路過)	51	13.7
	1天	120	32.3
	2天	159	42.9
	3天	26	7.0
	4天	9	2.4
	5天	1	0.3
	遺漏值	5	1.3
	合計	371	100.0

續表 5-1-2 遊客旅遊特性及經歷次數分配表

分析項目	各項旅遊特性	樣本數	百分比 (%)
同行人數	0	3	0.8
	1	33	8.9
	2-5	110	29.6
	6-10	74	19.9
	11-20	55	14.8
	21-30	31	8.4
	31-40	31	8.4
	41以上	34	9.2
	合計	371	100.0
同行者	單獨出遊	3	0.8
	家人	82	22.1
	朋友或同學	155	41.8
	親友	43	11.6
	團體旅遊	85	22.9
	其他	3	0.8
	總和	371	100.0

第二節 遊客之可接受改變限度分析

在遊客問卷中關於可接受改變限度分析方面包含有以下兩個問題，搭配模擬照片可得到遊客對步道衝擊的看法。

(一) 遊客認為土壤裸露對視覺景觀的影響

受訪者中認為土壤裸露對視覺景觀「有」影響者最多，佔約 67 %。

(二) 遊客對指標因子可接受改變的限度之測定

為使遊客容易理解，在問卷中將「無法接受哪種程度以上的土壤裸露」的概念，以「可接受多少程度以上的植被覆蓋」表達，其中以認為步道兩側不得有任何土壤裸露的人數最多，佔約 39 %。換算全部受訪者的意見，遊客認為 25% 以上的土壤裸露是不可接受的。即植被的覆蓋度不得低於 75 %。

表 5-2-1 遊客對土壤裸露影響視覺景觀統計表

看法 \ 統計結果	樣本數	百分比
無影響	72	19.4
不一定	47	12.7
有影響	245	66.0
遺漏值	7	1.9
合計	371	100.0

表 5-2-2 遊客對土壤不可裸露接受限度統計表

可接受程度 \ 統計結果	樣本數	百分比
100%	143	38.5
80%	87	23.5
60%	84	22.6
40%	28	7.5
20%	19	5.1
0%	9	2.4
遺漏值	1	0.3
合計	371	100.0

第三節 步道沿線植群及土壤之衝擊效應

本節主要討論三條步道沿線植群及土壤之衝擊效應，內容包括衝擊影響範圍，及植群與土壤之衝擊效應兩部分。

一、衝擊影響範圍

合歡北峰步道共設有 5 個樣區組；合歡東峰步道有 8 個；石門山步道有 3 個，總計有 16 個樣區組，詳細調查資料見附錄三：合歡山步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化基本資料。

將各步道連續梯度樣區之各小區的植群衝擊指數 (IVI) 及土壤硬度增加率 (SHI) 之調查統計結果繪成梯度變化曲線，採用陡階檢定法可看出各步道衝擊影響範圍，但又因 IVI 及 SHI 所顯示之結果有差異時會無從判斷，於是又取 IVI 及 SHI 值的平均進行陡階檢定。

北峰步道的 IVI 值從第 3 小區開始顯著降低，SHI 值由第 2 小區後顯著減少，故北峰平均的衝擊範圍為 a 及 b 兩小區，即步道邊緣 0 2 公尺處。東峰步道的 IVI 及 SHI 值皆由第 2 小區後顯著減少，故東峰平均的衝擊範圍為 a 及 b 兩小區，即步道邊緣 0 2 公尺處。石門山步道的 IVI 值從第 3 小區開始顯著降低，SHI 值由第 1 小區後顯著減少，石門山平均的衝擊範圍僅 a 小區，但由於其 IVI 值到第 3 小區後才趨於平緩，故石門山的調查亦至第 2 小區。

表 5-3-1 各步道連續梯度樣區遊憩衝擊效應之梯度變化

小區		a	b	c	d	e	f	g
合歡北峰	IVI	49.3	37.9	33.6	26.4	25.1	21.1	15.7
	SHI	31.7	23.3	11.5	10.5	10.9	11.4	11.0
	平均	40.5	30.6	22.6	18.5	18.0	16.3	13.4
合歡東峰	IVI	45.6	35.7	25.7	21.0	18.7	17.9	13.0
	SHI	39.4	25.8	19.2	17.1	17.8	17.3	15.9
	平均	42.3	31.2	22.5	19.2	18.3	17.6	14.5
石門山	IVI	33.9	26.7	26.5	17.1	21.5	19.2	11.7
	SHI	51.5	15.8	13.6	14.8	8.9	10.6	6.5
	平均	42.7	21.3	20.1	16.0	15.2	14.9	9.1

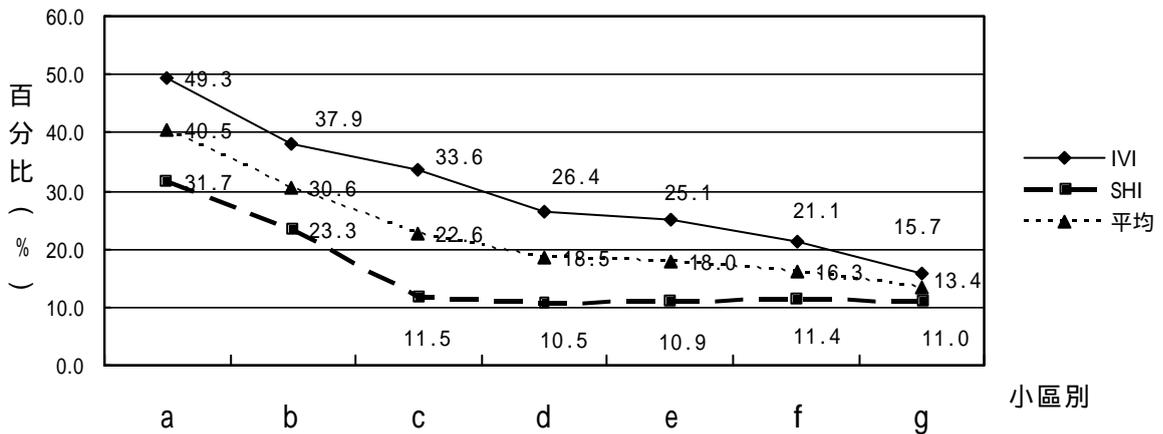


圖5-3-1 合歡北峰梯度測試SHI, IVI與平均指數圖

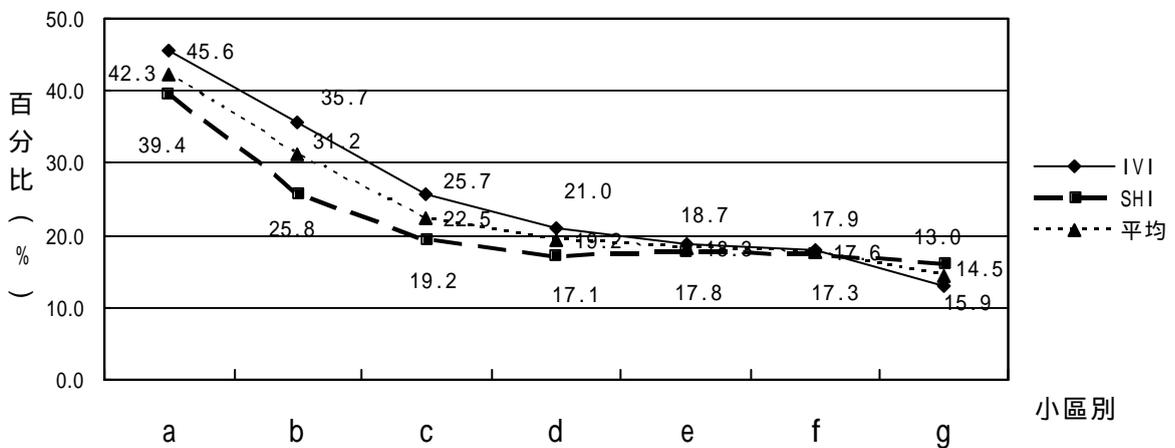


圖5-3-2 合歡東峰梯度測試SHI, IVI與平均指數圖

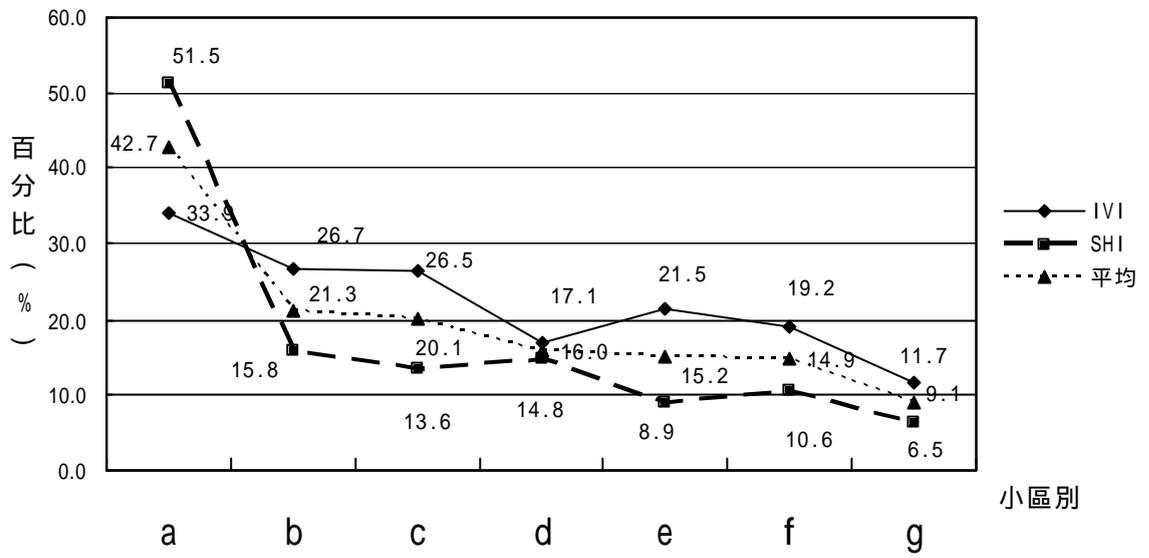


圖5-3-3 石門山梯度測試SHI, IVI與平均指數圖

二、植群與土壤衝擊效應

在三條步道上每隔 50 公尺就在步道兩側各設一個對照樣區組，若某一側之邊坡過於陡峭，顯然遊客不易接近，則就僅在一側設置樣區組，合歡北峰總共設有 36 個樣區組；合歡東峰 22 個；石門山 15 個，總計有 73 個樣區組。每個樣區調查的項目包括土壤硬度、植群覆蓋度、植物種類及組成、指標植物（玉山箭竹）之高度、步道坡度、邊坡坡度及步道寬度，石門山步道尚有鋪面形式一項，詳細的調查資料見附錄四：合歡山步道衝擊效應基本資料。

表 5-3-2 合歡山地區各步道植群與土壤衝擊效應統計表

調查項目 步道及 調查小區別		覆蓋度減少率 CR (%)		植相變異度 FD (%)		指標植物高度降低率 HR (%)		土壤硬度增加率 SHI (%)	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
合歡北峰步道	a	19.4	14.9	37.9	13.9	38.2	27.2	24.3	19.2
	b	5.6	8.2	29.2	11.9	11.5	14.1	10.4	6.8
合歡東峰步道	a	32.2	25.6	38.4	11.8	35.0	24.5	23.6	15.7
	b	15.7	21.9	29.5	11.7	14.7	14.9	7.7	7.0
石門山步道	a	18.3	19.1	37.6	16.6	25.4	14.5	25.9	21.4
	b	5.4	7.8	24.2	12.2	10.3	9.7	6.9	11.3

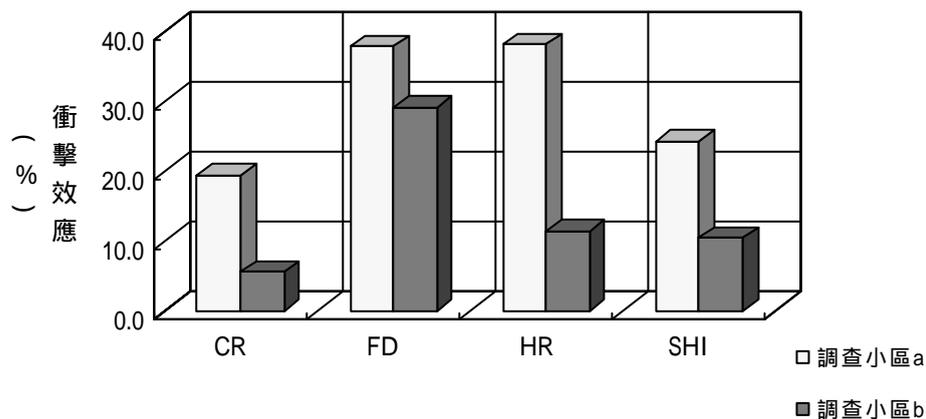


圖5-3-4 合歡北峰步道平均之衝擊效應柱狀圖

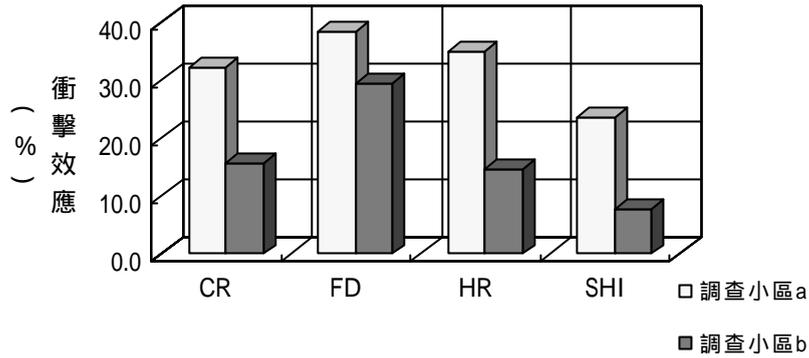


圖5-3-5 合歡東峰步道平均之衝擊效應柱狀圖

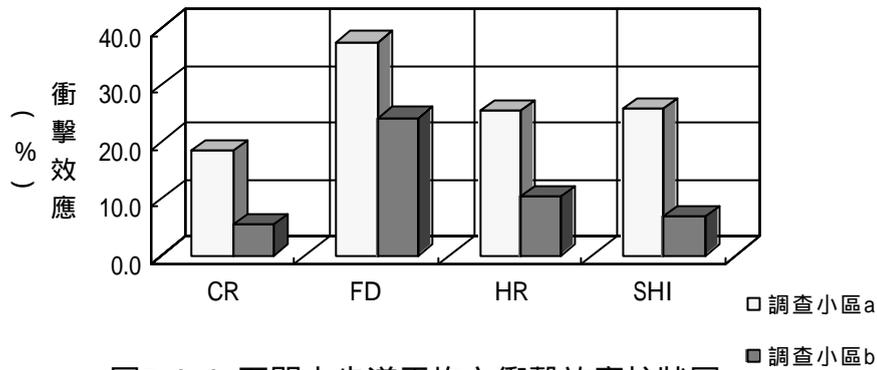


圖5-3-6 石門山步道平均之衝擊效應柱狀圖

(一) 北峰步道

北峰步道沿線植被是以玉山箭竹及高山芒為優勢的高山草甸，高度平均約 15~25 公分，調查結果顯示，步道兩側植群覆蓋減少率 (CR) a 及 b 小區有很大的變化，分別為 17.6%、7.5%，可見土壤裸露現象並不嚴重且集中於步道旁 0~1 公尺的範圍內。由 a 至 b 小區，植物高度亦有明顯下降趨勢，在未受踐踏的對照區，其玉山箭竹的高度平均為 23.3 公分，a 小區的高度平均降至 14.3 公分，其平均降幅由 a 至 b 小區為 38.2% 及 11.5%。而對照區的土壤硬度平均為 13mm，a 及 b 小區增加了 2.9~1.3mm。而植相變異度 (FD) 是四個衝擊因子中 a 及 b 差別不大者。

整個樣帶上有玉山箭竹、高山芒、玉山針蘭、油薹、羊茅、玉山剪股穎、假石松、玉柏、高山石松、玉山地刷子、高山白珠樹、紅毛杜鵑、玉山金絲桃、梅花草、玉山懸鉤子等較大量且廣泛的分布，其他如玉山鬼督郵、尼泊爾？簫、玉山薄雪草、一枝黃花、台灣藜蘆、台灣地楊梅、台灣三毛草、雪山堇菜、玉山水苦蕒、玉山小米草等種類零星的分布其中。在三條步道上都可見到類似的現象。

(二) 東峰步道

東峰步道沿線植被是以玉山箭竹及高山芒為優勢的高山草甸，高度平均約 20~35 公分，箭竹高度平均較北峰步道沿線的箭竹高。調查結果顯示，步道兩側植群覆蓋減少率 a 及 b 小區有很大的變化，分別為 32.2%、15.7%，可見土壤裸露現象集中於步道旁 0~1 公尺的範圍內，與北峰相較之下，東峰步道的土壤裸露情形較嚴重。由 a 至 b 小區，植物高度亦有明顯下降趨勢，在未受踐踏的對照區，其玉山箭竹的高度平均為 34.3 公分，a 小區的高度平均降至 22.7 公分，其平均降幅由 a 至 b 小區為 35.0%及 14.7%。而對照區的土壤硬度平均為 13mm，a 及 b 小區增加了 3~1mm。

(三) 石門山步道

石門山步道沿線植被是以玉山箭竹及高山芒為優勢的高山草甸，高度平均約 25~35 公分，調查結果顯示，步道兩側植群覆蓋減少率 a 及 b 小區有很大的變化，分別為 18.3%及 5.4%，可見土壤裸露現象並不嚴重且集中於步道旁 0~1 公尺的範圍內。由 a 至 b 小區，植物高度亦有明顯下降趨勢，在未受踐踏的對照區，其玉山箭竹的高度平均為 34.1 公分，a 小區的高度平均降至 26.2 公分，其平均降幅由 a 至 b 小區為 25.4%及 10.3%。而對照區的土壤硬度平均為 12.7mm，a 及 b 小區增加了 2.1~0.8mm。相較起北峰及東峰，石門山 a 及 b 小區的植相變異度相差較大，b 小區的植相變異度有明顯地下降約 13%。

(四) 植群衝擊程度之評估及分級

表 5-3-3 合歡山地區各步道植群衝擊程度之評估及分級表

步道及調查小區別	項目	植群衝擊指數 IVI (%)	衝擊程度分級
	合歡北峰步道	a	31.8
b		15.4	
合歡東峰步道	a	35.2	
	b	20.0	
石門山步道	a	27.1	
	b	13.3	

註：a—步道邊緣 0 ~ 1 公尺的調查小區

b—步道邊緣 1 ~ 2 公尺的調查小區

— 植群衝擊程度輕微

根據上表顯示，各步道的各調查小區的植群衝擊程度皆屬輕微。比較三條步道之植群衝擊指數，可得知東峰步道的植群衝擊最嚴重，其 a 及 b 小區分別為 35.2% 及 20.0%，次嚴重者為北峰步道，其 a 及 b 小區分別為 31.8% 及 15.4%。石門山的植群衝擊最輕微，其 a 及 b 小區分別為 27.1% 及 13.3%。

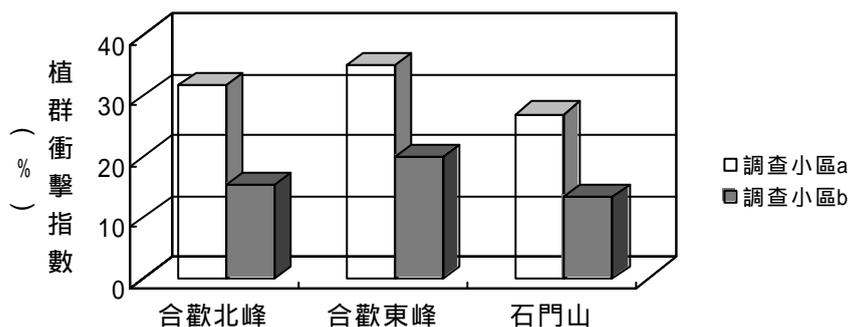


圖 5-3-7 合歡山地區調查步道之植群衝擊指數 (IVI) 柱狀圖

(五) 合歡山地區步道衝擊監測指標之選定

為了解調查中所使用之衝擊效應係數是否可反應步道沿線植群及土壤的衝擊程度，以下本研究應用 Spearman Rank 相關係數檢定法，以分析係數兩兩之相關情形，結果可作為衝擊防治及監測的指標因子之選定。

本研究採用 SPSS for Windows 之套裝軟體（張紹勳與林秀娟，1995），將各步道所有調查小區之各項衝擊效應係數（CD、FD、HR、IVI 與 SHI）調查資料合併，求得兩兩係數間之相關情形（見表 5-3-4）。由分析結果可明顯看出，合歡山地區步道衝擊效應係數間除土壤硬度增加率（SHI）與植相變異度（FD）間沒有呈現相關性外，其餘九組係數組合間均呈現顯著水準。在九組中，覆蓋度減少率（CR）與植相變異度（FD），和覆蓋度減少率（CR）與土壤硬度增加率（SHI）等兩組合僅達 0.05% 之顯著水準，其餘七組係數間均達 0.01% 之顯著水準。

由結果顯示，整體而言，由於衝擊係數間大多有達到顯著水準，所以這些係數均可反應步道沿線植群及土壤的衝擊程度。在顯示植群衝擊的係數（CR，FD，HR 與 IVI）中，植相變異度（FD）較覆蓋度減少率（CR）和高度降低率（HR）相關性低，推測原因可能是因調查的時間在夏末（十月），許多高山植物已過生長季，故觀察不易，導致 FD 係數的信度降低，建議可在未來調查時多次驗證 FD 係數和其他係數的相關性，再決定植相變異度是否可當作監測指標。

本研究建議在選定衝擊防治及監測的指標因子時，在植群衝擊的係數的選擇上，可考慮採用覆蓋度減少率（CR）和高度降低率（HR）之平均值，或在這兩者間擇一調查。若要選用植相變異度（FD）時，應特別注意調查季節的選擇，春季是調查高山植被較佳的季節。

表 5-3-4 所有樣區衝擊效應係數間之相關係數分析 n=146

變數	CR	FD	HR	IVI	SHI
覆蓋度減少率 (CR)	1.0				
植相變異度 (FD)	.261 (*)	1.0			
高度降低率 (HR)	.383 (**)	.317 (**)	1.0		
植群衝擊指數 (IVI)	.756 (**)	.623 (**)	.805 (**)	1.0	
土壤硬度增加率 (SHI)	.211 (*)	.143	.371 (**)	.343 (**)	1.0

** 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾), 相關顯著 * 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾), 相關顯著

分析結果顯示土壤衝擊的係數（土壤硬度增加率 SHI）與植群衝擊係數間存在低度的相關性，再加上土壤硬度的調查受到土壤組成的影響很大，合歡山地區土壤中常含有礫石或在較自然的路段常有腐植質厚達數十公分的情況，種種限制皆會造成調查不易及誤差，所以在使用土壤衝擊的係數時，建議應用在衝擊較嚴重的路段（衝擊範圍到達第 2 小區以上），例如北峰及東峰由登山口起算的一部份路段，在植群低度衝擊或十分自然的路段，土壤衝擊可作為輔助性的衝擊評估指標。

表 5-3-5 各步道衝擊效應係數間之相關係數分析

北峰步道						n=72
變數	CR	FD	HR	IVI	SHI	
覆蓋度減少率 (CR)	1.0					
植相變異度 (FD)	.178	1.0				
高度降低率 (HR)	.447 (**)	.438 (**)	1.0			
植群衝擊指數 (IVI)	.682 (**)	.659 (**)	.870 (**)	1.0		
土壤硬度增加率 (SHI)	.355 (**)	.233 (*)	.334 (*)	.393 (**)	1.0	

東峰步道						n=44
變數	CR	FD	HR	IVI	SHI	
覆蓋度減少率 (CR)	1.000					
植相變異度 (FD)	.256	1.000				
高度降低率 (HR)	.389 (**)	.023	1.000			
植群衝擊指數 (IVI)	.848 (**)	.445 (**)	.747 (**)	1.000		
土壤硬度增加率 (SHI)	.217	.007	.575 (**)	.424 (**)	1.000	

石門山步道						n=30
變數	CR	FD	HR	IVI	SHI	
覆蓋度減少率 (CR)	1.0					
植相變異度 (FD)	.484 (**)	1.0				
高度降低率 (HR)	.376 (*)	.430 (*)	1.0			
植群衝擊指數 (IVI)	.796 (**)	.818 (**)	.748 (**)	1.0		
土壤硬度增加率 (SHI)	.105	.111	.262	.198	1.0	

由前述「植群與土壤衝擊效應」的分析結果中，我們可知北峰及東峰的衝擊狀況較相似，即兩者的植群衝擊指數 (IVI) 均大於 30%，兩者的土壤衝擊指數 (SHI) 也相似。而石門山的植群衝擊指數是三條步道中最低的，但土壤衝擊程度卻是最高

的。再將這樣的結果與各步道衝擊效應係數間之相關係數分析對照之下，北峰及東峰的 IVI 與 SHI 之間皆呈現 0.01% 的顯著性，石門山的 IVI 與 SHI 之間卻無顯著。在這些前提下，我們可知在石門山步道採用土壤硬度增加率指數並無法輔助植群衝擊指數得出該步道的衝擊效應。至於為何會有這樣的結果，推論採樣的差異及石門山上的人工鋪面是造成這個現象的原因。因為石門山步道是三條步道中最多人攀爬者，所以其衝擊效應應該最為嚴重，不過由於國家公園於近年加設了人工鋪面使遊客集中行走於有鋪面的路段，步道兩側原本受衝擊的效應漸漸消除，推測土壤硬度增加效應的減緩速度較植群恢復慢。

建議石門山步道及其他有受外力（鋪設鋪面）介入的步道，其衝擊程度應與自然步道（無鋪面，如北峰、東峰步道）分開討論，在選擇衝擊防治及監測的指標因子時，應以植群衝擊指數為主，而土壤衝擊指數要在有長期的監測資料後，再進一步分析土壤硬度是否有達到原始的程度，直至距離步道越遠的土壤硬度越呈現沒有受到踐踏的效應時，土壤衝擊指數才適合應用在輔助植群衝擊指數，以推估衝擊效應程度。

（六）步道環境因子與衝擊效應之關係

調查步道的坡度、寬度等環境因子是否與各衝擊效應有關，依據下表，步道寬度和覆蓋度減少率（CR）、指標植物降低率（HR）和植群衝擊指數（IVI）皆相關，進一步驗證覆蓋度減少率（CR）和指標植物降低率（HR）可充分反應環境的變化。

表 5-3-6 合歡山步道環境因子與衝擊效應之相關係數分析

n=146

衝擊效應因子 環境因子	覆蓋度減少率 (CR)	植相變異度 (FD)	指標植物高度降 低率 (HR)	植群衝擊指數 (IVI)	土壤硬度增加率 (SHI)
步道坡度	.127	.146	.016	.115	.061
邊坡坡度	.035	.174 (*)	.118	.137	.166 (*)
步道寬度	.583 (**)	.000	.205 (*)	.377 (**)	.000

第四節 步道沿線植群及土壤衝擊效應原因探討

本節利用對合歡山地區所選定的三條步道所進行的植群及土壤衝擊現象之調查分析結果，輔以定性的觀察，再與同樣位於國家公園內之玉山國家公園塔塔加地區的步道衝擊現象(彭育琦,1997)比較。

一、北峰步道

(一) 步道侵蝕及土壤流失

北峰步道路面凹陷、土壤流失的現象在登山口處呈線狀數十公尺的分佈，其餘分佈於步道中幾處坡度較陡峭的地區或岩質的路段，且通常影響範圍較短。故坡度較陡或造成土壤流失的情形，步道受到短距離影響我們可大膽假設其主要受地形影響，人為衝擊所造成的惡化輕微，但若在坡度較陡處之前後坡度較緩之路段亦有嚴重的沖蝕現象，其它的影響就必須考慮在內。在定性的觀察中，我們發現北峰步道在三條步道中的遊客量是最少的，因為其主要使用者為設備較齊全的登山客，而非一般遊客，但位於雪季時，中橫霧社支線路旁擠滿遊客，尤其有停車位或各列名百岳的登山口處情況特別嚴重，遊客不僅在公路上行走，甚至在可能的情況下爬上路旁的山坡進行滑雪等活動，由於北峰及東峰登山口皆有設施良好的停車場及列名百岳，故這兩處登山口的土壤流失現象以人為的因素為主。

(二) 步道加寬

步道加寬現象若伴隨上述之土壤沖蝕現象者，我們在此處不予考慮。步道加寬現象多位於沿線視野良好的景觀點，或長距離的陡坡後可很明顯的發現的休息點，加寬的距離通常不會很長，較類似面狀的分佈，由於前面提過，北峰多為登山客使用，所以鮮見並排行走的現象，只有偶而有家長與年紀較小的兒童同行時會有這樣的情況。所以這些步道加寬的地點雖多是人為影響，但由於這些地點雖無任何設施但固定於某些地方(視野優美處、陡坡迄點、稜線上等)及範圍有限，尤其若位於岩質路段的步道加寬，對景觀及自然(地被、土壤)的影響並不顯著，在北峰，步道常在岩質的地點蜿蜒。

（三）步道分生

北峰步道分生的現象是一般登山步道典型的情況，在一些高大灌叢中穿越的路段會因某段時間較少人行走而被遮蔽，登山客會自行繞行、撥推、砍劈這些植被，故不同人經過所走的路徑會有些微的差距，有些不明顯的分生步道會漸漸消失。有時在植被不茂密處亦會有步道分生，例如在觀景點或休息點附近的分生步道會通向隱蔽處，是登山客解決便溺需求的結果，石門山的遊客較多且登山口處備有廁所（雖不甚明顯），這種現象便較少，在北峰及東峰仔細觀察下可發現不少這種類型的分生步道。位於坡度非常平緩地區的步道，若再加上離開步道附近有良好景觀點，也容易形成分生的步道，通常越靠近山頂這些現象越緩和，一方面登山者必須考慮天候因素盡快登頂，一方面氣力衰退較無心情離開步道賞玩。

北峰步道調查範圍內的植被及土壤衝擊是三條步道中最輕微者，越是距離較長的高山步道，相對而言，遊客造成的衝擊影響越輕微，自然因子造成的衝擊扮演較重要的角色。

二、東峰步道

東峰的步道衝擊現象有步道侵蝕及土壤流失、步道加寬、步道分生等現象與形成原因，與北峰相當類似。這與其步道攀登的困難度及同樣未設鋪面的狀況相似有關。其登山口地理位置的分佈緊鄰合歡山地區眾多重要的公共設施，如合歡山莊及其停車場、觀景台及公廁、松雪樓、合歡尖山登山口等，應是造成遊客量大的原因。除先前所提賞雪的民眾所造成的踐踏影響外，前段沖蝕、加寬的現象有可能亦有受到管線架設的影響，在前端步道上蜿蜒的這些管線，除施工時可能造成步道衝擊外，亦可能因遊客誤沿管線而行而造成一條新的步道，更加重登山口分生步道網狀分佈的現況，陡坡上的管線在不注意的狀況下，攀爬的遊客容易絆跌亦造成安全上的威脅。

三、石門山步道

(一) 步道加寬

石門山步道加寬的情形最為嚴重，這也有可能是因其使用量最大有關。石門山的遊客組成不同於北峰及東峰，以一般遊客居多，一般遊客較常有並排行走的現象，由於國家公園規劃的步道寬度由 0.7 1.2 公尺不等，不足以兩人並排行走或遊客多時一來一往錯身的空間，所以應是步道加寬的主因。

(二) 步道分生

石門山步道在鋪設鋪面前有許多平行分生步道，在鋪設鋪面後由於植被未回復生長，所以仍可清楚見到這些分生的步道，不過現地觀察結果，行走這些分生步道者不多，這顯示鋪設的步道有規範遊客動線的功能，這些分生步道應會漸漸消失。

綜合言之，石門山步道當初可能由於遊客量多，所以經營管理者選擇在步道上鋪設鋪面，以增加遊客遊憩的機會。目前觀察的結果，提供遊憩機會的目的有達成、步道分生的情況也漸有改善，但由於沒有鋪設步道前土壤及植被的衝擊調查，所以無法進行這方面的比較。但在鋪設後，鋪面兩側仍有土壤裸露、植被覆蓋減少現象，即使已較原先現象有改善，仍是不足。

四、合歡山地區與塔塔加地區步道衝擊現象比較

合歡山地區與玉山國家公園塔塔加地區兩地區之自然環境相近，唯塔塔加地區之海拔高度較低，故平均氣溫較高，在步道沿線植栽方面，塔塔加步道與麟趾山步道以玉山箭竹和高山芒為優勢樹種，玉山步道則以紅毛杜鵑、台灣馬醉木、台灣刺柏、褐毛柳等構成次生灌叢及台灣二葉松疏林，林下地被以玉山箭竹最佔優勢，可看出由於海拔較合歡山地區低的緣故，植物組成較多樣性。兩者的自然環境相差不大，故將兩者進行比較。

其中塔塔加地區調查的三條步道中塔塔加步道及麟趾山步道均設有鋪面故與本研究中之石門山比較，而未設鋪面之玉山步道則與同樣未設鋪面之北峰及東峰步道加以比較。

表 5-4-1 合歡山地區與塔塔加地區步道衝擊現象比較表

玉山步道 v.s.北峰、東峰步道衝擊程度比較表

地區別	調查項目 步道及調查小區別		CR (%)	FD (%)	HR (%)	IVI (%)		SHI (%)
						平均	分級	
塔塔加 地區	玉山 步道	a	28.3	79.8	37.1	48.4		58.5
		b	11.5	41.3	14.8	22.5		27.9
合歡山 地區	北峰 步道	a	19.4	37.9	38.2	31.8		24.3
		b	5.6	29.2	11.5	15.4		10.4
	東峰 步道	a	32.2	38.4	35.0	35.2		23.6
		b	15.7	29.5	14.7	20.0		7.7

塔塔加、麟趾山步道 v.s.石門山步道衝擊程度比較表

地區別	調查項目 步道及調查小區別		CR (%)	FD (%)	HR (%)	IVI (%)		SHI (%)	
						平均	分級		
塔塔加 地區	塔 塔 加	前 段	a	70.4	78.8	87.0	78.7		81.9
			b	52.0	65.8	67.0	61.6		49.6
			c	33.8	40.8	43.4	58.0		28.3
	步 道	後 段	a	41.0	48.6	84.3	58.0		82.5
			b	10.3	13.7	56.9	26.9		59
	麟 趾 山	步 道	a	30.6	55.7	61.2	40.8		42.9
			b	15.0	42.5	25.4	26.2		23.2
	合歡山 地區	石門山 步道	a	18.3	37.6	25.4	27.1		25.9
b			5.4	24.2	10.3	13.3		6.9	

a-距步道邊緣 0 1 公尺之調查小區

b-距步道邊緣 1 2 公尺之調查小區

c-距步道邊緣 2 3 公尺之調查小區

級-0 40%，輕微

級-40 60%，中等

級-60 70%，嚴重

級-70%以上，極為嚴重

表 5-4-2 合歡山地區與塔塔加地區步道基本資料比較表

地區	步道別	海拔高度 (m)	步道長度 (km)	步道寬度 (m)	樣本數	步道使用量 (人次)	鋪面形式	
塔塔加地區	塔塔加步道	2610	1.1	1.2	100	假日約 2500 非假日約 790	石板	
		2711					枕木	
		2680						
	麟趾山步道	2854	0.9	1.5	68	假日約 240 非假日約 80	石板	
		2760					枕木	
		2845						
玉山步道	2680	1.7	1.0	28	假日約 240 非假日約 70	無		
	2820							
合歡山地區	北峰步道	2850	1.9	0.7	72	-	無	
		3422					無	
	東峰步道	3150	0.9	0.7	44		-	無
		3421						
	石門山步道	316m	0.7	0.7	1.2		30	石條 枕木 碎石
		3237						

資料來源：本研究整理

由上表可明顯看出塔塔加地區步道沿線的土壤及植被衝擊皆比合歡山地區嚴重。上表中，塔塔加地區步道的使用量有進行實際的推估，但合歡山步道無進行類似的調查。若要進行兩者近一步的分析，須先進行步道使用量的調查。由合歡山步道的衝擊現象較不嚴重的現況來說，進行預防的工作（如步道監測）更是取得先機。

第六章 結論與建議

第一節 研究結論

一、遊客人數與旅遊特性分析

民國 90 年遊客人次約為 8500，由 88 年 921 地震後旅遊衰退現象有回升的情形，由於交通中斷短時間內未能恢復，故遊客人次應會呈現緩慢回升。這是國家公園內的自然環境休養生息、經營管理者進行調查規劃的良好時機。

二、遊客可接受改變限度分析

有將近達四成的遊客認為步道兩側不應有任何程度的土壤裸露。遊客認為 25% 以上的土壤裸露是無法接受的。

三、步道沿線植群及土壤之衝擊效應

依據調查結果，步道整體而言皆屬於低度的衝擊，但在未列入調查路段的確有達到中度及高度的衝擊，如東峰及北峰登山口。三條步道的衝擊範圍皆集中於步道兩側 2 公尺範圍內。在植群衝擊方面，整體而言三條步道的衝擊程度皆屬輕微。東峰步道的植群衝擊最嚴重，其次為北峰步道，石門山最輕微。在土壤衝擊方面，石門山最嚴重，北峰與東峰相差不大。

四、合歡山地區步道衝擊監測指標之選定

建議以覆蓋度減少率 (CR) 和高度降低率 (HR) 之平均值，或在這兩者間擇一調查作為植群衝擊防治及監測的指標因子。植相變異度 (FD) 係數需要未來在春季進行調查後才能進一步判斷是否適合做為監測指標。

五、步道沿線植群及土壤衝擊效應原因探討

北峰及東峰衝擊效應的現象和形成原因相近，是自然因子與人為因子相互產生的影響。石門山步道的人為因子中，除了有來自遊客的踐踏外，尚有鋪面鋪設的影響。

第二節 建議事項

一、對經營管理單位之建議

(一) 建立步道的基礎資料

包括詳細路線之繪製、標明有衝擊現象的分佈、景觀點、休息點、特殊地物、特殊地形等。步道的基礎資料是進行長期監測計畫的基礎，可以使調查人員達到事半功倍的效果，如樣區的設置若能固定，將可增加調查的信度與效度。在本研究中由於缺乏完整的步道基礎資料，設置樣區時需要至少兩人以上之人力方能進行，花在地圖判讀的時間也很可觀，山區氣候往往變化極快，如何縮短調查的時間也是經營管理單位應該琢磨的。

經營管理單位亦可依據不同的使用者，如登山客、一般遊客、攝影愛好者、賞鳥愛好者等，利用步道的基礎資料設計出版各種解說資料與圖面，依此來看，建立步道的基礎資料並公諸大眾有其必要性。

(二) 步道分段管理

同一條步道在經營管理人力與金錢等資源有限的情況下，對衝擊程度不同的路段應採取分段管理。衝擊程度不同的路段應該有不同的經營管理方式，例如東峰和北峰步道登山口呈現嚴重的土壤侵蝕與流失，應每年固定進行沖蝕的量測與記錄。事實上，由觀察中可發現，登山口位於公路旁、有停車場、觀景平台、服務中心等設施的步道，就容易產生以上的步道衝擊問題，所以應及早提出配套方案，因為有方便的公共設施，必定帶來遊客、增加遊客攀爬意願。

由目前合歡山地區正在進行建設的計畫觀之，松雪樓整建工程竣工後，東峰登山口的衝擊勢必會更加劇，目前的登山口的衝擊現象有可能因為遊客改變攀爬習慣，改由松雪樓後起攀而衝擊效應減緩，但松雪樓後的登山口有可能形成嚴重的衝擊。北峰步道的登山口目前也有嚴重的土壤侵蝕與流失，今年起用的合歡山管理站有可能增加造訪北峰的人數，值得觀察。

(三) 步道分級問題

1. 國家公園計畫與目前分級差異之比較

目前國家公園管理處將國家公園的步道分為兩大類五級（吳立萍等，2002，國家公園網站），兩大類中之第一類稱為健行步道，細分為第一、三級，第二類稱為登山步道細分為第四、五級，此分級是依據國家公園計畫中的健行步道與登山步道之分級（見第三章第二節）再加以細分，然而在國家公園計畫中：石門山被歸類為一般性登山步道；合歡北峰及西峰為原野性登山步道；合歡主峰及合歡東峰歸類不清。但目前國家公園將過去的分類修正為：石門山、合歡東峰及主峰為第二級健行步道；合歡北峰及西峰為第三級健行步道。這樣的改變可以看出國家公園在經營管理上的努力，然而也可以顯現國家公園計畫修訂的急迫性。

表 6-2-1 國家公園計畫與目前實施之步道分級比較

	健行步道	登山步道	備註
國家公園計畫 ⁽¹⁾	大禹嶺至合歡山健行線；昆陽至武嶺再至合歡山健行線	一般性：石門山 原野性：合歡北峰、合歡西峰	分類不清：合歡主峰、合歡東峰、
目前分類 ⁽²⁾	第一級	第四級	
	第二級：石門山、合歡東峰及合歡主峰	第五級	
	第三級：合歡北峰及合歡西峰		

資料來源：⁽¹⁾太魯閣國家公園計畫，⁽²⁾太魯閣國家公園網站

表 6-2-2 目前步道分級說明表

健行步道分級	說明	位於合歡山地區之步道
第一級	為開放性步道，步道路面平整，坡度平緩、安全，設施良好，資源解說設施完整，適合一般大眾前往，老少咸宜，步道行程於半天內可完成，輕裝即可上路。	無
第二級	為開放性步道，步道路面平整，但坡度稍大或位於高山，氣候變化大而有潛在之危險因素（如高山症），此及步道適合體力稍佳者，輕裝並攜帶水與少許糧食即可，於半天內亦可完成，路途稍遠之步道則需一整天的行程安排。	合歡東峰、石門山、合歡主峰
第三級	為非開放性步道，位於較偏遠山區或路途遙遠，步道路徑尚稱清晰，但部分可能較崎嶇，進入時須準備齊全之裝備，如飲水、食物、地圖、禦寒衣物、急救藥品等。適合體力佳且有初步之地圖判讀能力者前往，部分步道因路途較遠，需有過夜準備。	合歡北峰、合歡西峰

資料來源：太魯閣國家公園網站

2. 目前步道分級之明確性

依據太魯閣國家公園出版之合歡山步道（吳立萍等，2002）一書中，步道之分級方式雖相同，但其中石門山被歸類的級數卻與太魯閣國家公園網站上的資料有所差異。由分級所依據的各種說明推測，作者認為目前步道之分級雖已具雛形，但若缺乏明確之定義，則難免發生如石門山步道這種細微難辨的狀況，因為依據敘述第一級與第二級的差異極微小與模糊，坡度平緩與稍大的界定若能以確切的數據說明是較佳的方式，步道行走所花費的時間若能以提供步道水平距離、垂直起落、坡度、危險地形等資料，再綜合健腳者、一般者與步調慢者實際行走所花費時間之平均，所得出輕裝與重裝所需花費的建議時間可提供較準確的資料。步道分級若能落實明確性，最實質的可提供遊客正確的旅遊資訊，對經營管理單位而言，正確的分級對管理工作也是絕對的必要。

表 6-2-3 合歡山步道分級表

	第一級	第二級	第三級	第四級	第五級
環境概況	步道路面平整，坡度平緩	步道路面平整，但坡度稍大，或位於高山氣候變化大	路徑尚稱清晰	路徑部分不明	路徑極度不明
步道（雪季）	石門山	合歡東峰、合歡主峰、石門北峰、合歡尖山、小奇萊	合歡北峰、合歡西峰		
步道（非雪季）		石門山步道	合歡東峰、合歡主峰、石門北峰、合歡尖山、小奇萊	合歡北峰、合歡西峰	

資料來源：吳立萍等，2002

（四）建立步道遊客資料

包括遊客組成、遊客量、使用頻度等。由於山區氣候多變是影響登山計畫的主因，使用步道的人數深受天氣影響，唯有長時間的調查資料才足以代表該步道真正的遊客量。而瞭解遊客的組成亦可提供經營管理方向的參考。

二、後續研究之建議

(一) 長期之監測

本研究是以既成事實之分析進行，若進一步針對這些有步道衝擊現象的步道進行長期之監測，可得到其完整的演變過程，可以對衝擊形成的原因進行更完整的分析與討論。雖本研究僅選取三條步道進行調查，但合歡山地區尚有合歡西峰、合歡主峰、合歡尖山、石門北峰等步道，甚至還有較少被提到的小奇萊步道，每條步道亦不僅只有單一條路線，如合歡北峰除本次調查的沿稜步道外，尚有由樹林切上稜線的山腰路，兩者路徑皆算明顯，顯示行走的人數不相上下，也是值得長期觀察。

(二) 土壤沖蝕嚴重地區之調查

土壤沖蝕嚴重的步道路段，如合歡北峰及合歡東峰步道登山口，或是合歡主峰武嶺停車場的登山口，這些路段可進行長期的土壤沖蝕監測，以比較歷年的步道剖面。

(三) 遊客行為之研究

遊客是步道的主要使用者，然而遊客內心對環境有不同認知所表現的行為就會有差異，如登山客行走時不會並排行走，但一般的遊客就容易兩人甚至三人並行，在坡度較緩的步道（如石門山）就常可見到這種現象。透過對遊客心裡與行為的瞭解可找出適當的步道衝擊經營管理方式，故建議可針對此方面進行研究。

引用文獻

1. 中華民國戶外遊憩學會，2002，玉山國家公園高山步道遊憩承載量調查，玉山國家公園委託研究計畫期末報告。
2. 中華民國氣候資料年報，1997~2001，中央氣象局。
3. 中華民國89年觀光年報，2000~2001，交通部觀光局。
4. 太魯閣國家公園網站
http://www.taroko.gov.tw/viewtnp/hohuan_trail.htm
http://www.taroko.gov.tw/viewtnp/hohuan_wn_trail.htm
5. 太魯閣國家公園計畫，1986，內政部。
6. 王相華，1988，遊樂活動對天然植群之影響及其經營計畫體系，台大森林學研究所碩士論文。
7. 玉山國家公園高山步道遊憩承載量調查，1992，中華民國戶外遊憩學會。
8. 行政院農業委員會林務局，2002a，國家步道實務森林育樂手冊，p.27-49。
9. 行政院農業委員會林務局，2002b，國家步道系統設計規範（期末報告）。
10. 吳立萍、張瑩瑩、劉政儒，2002，合歡山步道，太魯閣國家公園管理處與貓頭鷹出版社共同出版。
11. 吳孟娟，2002，步道衝擊預測模式與其遊憩容許量評定之研究，台大園藝學研究所碩士論文。
12. 吳孟娟、林彥州，2002，健行步道遊憩容許量之研究，國家公園學報12(2): 125-140。
13. 呂國彥、楊宏志，1995a，步道規劃準則，台灣林業 21(7):2-8。
14. 呂國彥、楊宏志，1995b，登山步道計畫作業準則，台灣林業 21(9):47-51。
15. 李沛良，1994，社會研究的統計分析，巨流圖書公司。
16. 谷本丈夫、鈴木和次郎，1985，都市近郊樹林地？？？林床植生？種組成變化？及？？踏壓？影響，林業試驗場研究報告 333:93-122。
17. 林秀娟，1996，遊憩活動對溪頭大學池土壤及植群之衝擊與其管理策略之研究，東海大學景觀研究所碩士論文。
18. 林國銓、邱文良、施炳霖，1991，恆春熱帶植物園步道兩側植群及土壤的受害調查，林業試驗所研究報告季刊 6(4):357-365。
19. 林昱光，1998，遊客對遊憩資源衝擊認知與防治策略態度之研究-以奧萬大森林遊樂區為例，東海大學景觀研究所碩士論文。
20. 美國內政部國家公園署丹佛服務中心，1993，國家公園步道經營管理手冊。

21. 張紹勳、林秀娟，1995，SPSS for Windows統計分析，松崗電腦圖書公司。
22. 曹正、朱念慈，1989，國家公園設施規劃設計準則及案例彙編，內政部營建署委託東海大學環境暨景觀研究中心研究報告。
23. 陳立楨，1988，森林遊樂對環境衝擊之探討，台灣農業 24(6): 51-56。
24. 陳希煌、黃振德，1991，太魯閣國家公園計畫之經濟效益評估，行政院經濟建設委員會綜合計畫處編。
25. 陳彥柏，1991，遊憩活動對擎天崗草原特別景觀區之生態衝擊及其可接受改變限度之調查研究，台大園藝研究所碩士論文。
26. 陳昭明、蘇鴻傑、胡弘道，1989，風景區遊客容納量之調查與研究，台大森林研究所印行，208頁。
27. 陳凱俐、陳子英，1998，棲蘭森林遊樂區植群變化對遊憩效應影響之調查，中華林學季刊 31(3): 265-286。
28. 陳嘉男，1998，奧萬大森林遊樂區之遊憩資源衝擊及其經營管理策略，東海大學景觀研究所碩士論文。
29. 彭育琦，1997，塔塔加地區步道衝擊及其影響因子之研究，東海大學景觀研究所碩士論文。
30. 曾盛堂，1996，太魯國家公園合歡山地區危險因子之調查與分析，中興大學水土保持學研究所碩士論文
31. 黃世孟，1986，風景區公共設施設計準則及參考圖集，交通部觀光局委託國立台灣大學土木研究所都市計畫研究室研究。
32. 黃志堅，2000，不同遊憩機會步道可接受指標因子建立之研究 - 以藤枝森林遊樂區為例，中興大學森林學研究所碩士論文。
33. 黃志堅、羅紹麟，2000，不同遊憩機會步道可接受指標因子建立之研究 - 以藤枝森林遊樂區為例，林業研究季刊 23(1): 25-42。
34. 黃俊英，1988，多變量分析，中國經濟企業研究出版社。
35. 楊文章、林煙庭，2001，太魯閣國家公園縱橫行，國民旅遊出版。
36. 楊武承，1991，保護區遊憩衝擊與實質生態承載量之研究--以台北市四獸山植群為例，中興大學都市計畫研究所碩士論文。
37. 劉儒淵，1989，戶外遊憩對環境之衝擊及其管理維護，戶外遊憩研究 2(1): 3-18。
38. 劉儒淵，1990，遊憩資源衝擊之監測與控制，台大實驗林研究報告 4(2): 161-172。
39. 劉儒淵，1992，遊客踐踏對塔塔加地區植群衝擊之研究，台大實驗林研究報告 6(4): 33-78。
40. 劉儒淵，1993a，踐踏對玉山國家公園高山植群衝擊之研究，國立台灣大學森林學研究所博士論文。
41. 劉儒淵，1993b，遊憩活動對八通關地區植群衝擊之研究，台大實驗林研究報告 7(1): 1-32。
42. 劉儒淵，1993c，踐踏對玉山步道沿線高山植群衝擊之研究，台大實驗林研究報告 7(3): 53-72。

43. 劉儒淵，1994，登山步道之遊憩衝擊及其防治，林務局登山設施觀摩研討會講義。
44. 劉儒淵，1995，塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究，台大實驗林研究報告 9 (3): 1-19。
45. 劉儒淵，1996，戶外遊憩對天然植群之衝擊，中華林學季刊，29 (2): 35~58。
46. 劉儒淵，1997，塔塔加地區遊憩資源衝擊及其監測之研究，國科會 85 年度專題研究計畫成果報告，50 頁。
47. 劉儒淵，1999，遊憩發展對塔塔加高山生態系干擾之監測研究 (三)，國科會 88 年度專題研究計畫成果報告，7 頁。
48. 劉儒淵，2000a，高山地區遊憩資源衝擊之研究，太魯閣國家公園管理處主辦「高山生物多樣性研討會」(2000 年 5 月 20-21 日) 論文集，89-104 頁。
49. 劉儒淵，2000b，塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究 (二)，台大實驗林研究報告 14 (4): 201-219。
50. 劉儒淵，2002a，合歡山區步道沿線植群與土壤衝擊之研究，行政院農業委員會 91 年度科技研究計畫成果報告，20 頁。
51. 劉儒淵，2002b，戶外遊憩區步道衝擊之調查監測 (技術手冊)，台大實驗林。
52. 劉儒淵、陳嘉男、賴明洲，2001，奧萬大森林遊樂區步道衝擊之研究，台大實驗林研究報告 15 (4): 249-271。
53. 劉儒淵、黃英塗，1989，遊憩活動對溪頭森林遊樂區環境衝擊之研究，台大實驗林研究報告 3 (2): 33-51。
54. 劉儒淵、薛怡珍、賴明洲，2002，高山步道遊憩承載量之探討 - 以雪霸國家公園雪山主峰為例，雪霸國家公園登山研討會論文集，第 7-18 頁。
55. 賴明洲、薛怡珍，2000，雪山主峰線山步道承載量之計量研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
56. 賴國祥，2000，合歡山的綠色精靈：植物解說圖鑑，行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版。
57. 錢學陶、楊武承，1992，保護區遊憩衝擊與實質生態承載量之研究 - 以台北市四獸山植群為例，戶外遊憩研究 5 (1): 19-55。
58. 謝思怡，2000，社頂、龍磐地區踐踏效應影響因子之研究，國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。
59. 蘇鴻傑，1987，自然保護區之保育管理，中華林學會「發展森林遊樂與加強自然保育研討會」講稿，10 頁。
60. Bhuju, D. R. & M. Ohsawa. 1998. Effects of nature trails on ground vegetation and understory colonization of a pathy remnant forest in a urban domain. *Biological Conservation* 85 : 123-135.
61. Cole, D. N. 1978. Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alternation. *Journal of Applied Ecology* 15:281-286.
62. Cole, D. N. 1979. Reducing the impact of hikers on vegetation: An

- application of analytical research methods. In:
 Proceedings--Recreational impact on wildlands. pp. 71-78. USDA
 Forest Service, Pacific Northwest Region, Seattle, Washington.
63. Cole, D. N. 1983. Assessing and monitoring the backcountry trail conditions. USDA Forest Research Paper, INT-450, 5pp.
 64. Cole, D.N. 1987. Research on soil and vegetation in wilderness: a state-of-knowledge review. In Lucas, R. C. (compiler)
 Proceedings--national wilderness research conference: issues, state-of-know-ledge, future directions. 1985, July 23-26, Fort Collins, Co. Gen. Tech. Rep. INT-200 Ogden UT : USDA Forest Service, Intermountain Research Station, 1987: 135-177.
 65. de Gouvenain, R. C. 1996. Indirect impacts of soil trampling on tree growth and plant successuon in the north Cascade mountains of Washington. *Biological Conservation* 75 : 279-287.
 66. Del Moral, R. 1979. Predicting human impact on high elevation ecosystems. In: Proceedings--Recreational Impact on Wildlands. pp.292-302.
 67. Deluca, T. H., W. A. Patterson IV, W. A. Freimund, & D. N. Cole 1998. Influence of llamas, horses, and hikers on soil erosion from established recreation trails in western Montana, USA. *Environmental Management* 22 (2) : 255-262.
 68. Graefe, A. R., F. R. Kuss, & L. Loomis 1986. Visitor impact management in wildland setting. In: Lucas, R. C. (ed.) ,
 Proceedings: National wilderness research conference: current research. pp.432-439. International Research Station, Ogden, UT.
 69. Hammitt, W. E. & D. N. Cole 1998. Wildland recreation: Ecology and management. (2nd ed.) John Wiley & Sons, Inc. N.Y.
 70. Hooper, L. 1993. NPS trails management handbook. National Park Service, USDI.
 71. Jubenville A. and K. O'sullivan 1987. Relationship of vegetation type and slope gradient to trail erosion in interior Alaska. *Journal of Soil and Water Conservation* 42 (6) : 450-452.
 72. Kuss, F. R. 1986. Impact ecology knowledge is basic. In: Lucas, R. C. (ed.) Proceedings--National wilderness research conference : current research. p.92-94.
 73. Kuss, F. R., A. R. Graefe, & J. J. Vaske 1990. Visitor impact management--A review of research. National Parks and Conservation Association, Washington, D.C.
 74. Kuss,F.R. & Graefe, A.R. 1985. Effects of recreation tramping on natural area vegetation. *Journal of Leisure Research* 17 (3) :165-183.
 75. Leonard, R. E. and A. M. Whitney 1977. Trail transect : A method for documenting trail change. USDA Forest Research Paper NE-389. 8pp.
 76. Leung, Y. E. & J. L Marion 1996. Trail degradation as influenced by environmental factors: state-of-the-knowledge review.

- Journal of Soil and Water Conservation 51 (2) :130-136.
77. Leung, Y. E. & J. L Marion 1999a. Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem-assessment method in Great Smoky Mountains National Park, USA. Environmental Conservation 22 (4) : 270-279.
 78. Leung, Y. E. & J. L Marion 1999b. The influence of trampling interval on the accuracy of trail impact assessment. Landscape and Urban Planning 43 : 167-179.
 79. Manning, R. E. 1979. Impacts of recreation on riparian soils and vegetation. Water Resources Bulletin 15:30-43.
 80. Marion, J. L. 1994. An assessment of trail conditions in Great Smoky Mountains National Park. Final report. USDI National Park Service, Great Smoky Mountains National Park, Gatlinburg, TN. 155pp.
 81. Saunders, P. R. & Shew, R. W. 1986. Vegetation, soil, and water monitoring in proposed wilderness of the Inland Empire of the Pacific Northwest. In: Lucas, R. C. (ed.) Proceedings-- National wilderness research conference: current research. pp.108-113. International Research Station, Ogden, UT.
 82. Stankey, G.H., Cole, D.N., Lucas, R.C., Peterson, M.E. & Frissell, S.S. 1985. The Limits of acceptable change (LAC) system for wilderness planning. General Technical Report INT-176. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
 83. U.S.D.A. 1977. Procedure for computing sheet and gully erosion on project area. USDA Soil Conservation Service. Technical Release No.51 (Revision 2) .

【附錄一】 合歡山調查步道沿線維管束植物名錄

A1. 蕨類植物門 Pteridophyta

Lycopodiaceae 石松科

玉柏 *Lycopodium obscurum* L.

假石松 *Lycopodium pseudoclavatum* Ching

高山石松 *Lycopodium veitchii* Christ

玉山地刷子 *Lycopodium yueshanense* Kuo

A2. 種子植物門 Spermatophyta

B1. 裸子植物 Gymnospermae

Cupressaceae 柏科

刺柏 *Juniperus Formosana* Hayata

玉山圓柏 *Juniperus squamata* Lamb. var. *morrisonicola* (Hayata) Li & Keng

Pinaceae 松科

台灣二葉松 *Pinus taiwanensis* Hayata

B2. 被子植物 Angiospermae

. 雙子葉植物

Berberidaceae 小蘗科

玉山小蘗 *Berberis morrisonensis* Hayata

Compositae 菊科

玉山鬼督郵 *Ainsliaea reflexa* var. *nimborm* Hand.

尼泊爾籜簾 *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz.

玉山薄雪草 *Leontopodium microphyllum* Hayata

一枝黃花 *Solidago virga- aurea* L. var. *leioca* (Benth) A.Gray

Ericaceae 杜鵑科

高山白珠樹 *Gaultheria itoana* Hayata

紅毛杜鵑 *Rhododendron rubropilosum* Hayata

高山越橘 *Vaccinium merrillianum* Hayata

Gentianaceae 龍膽科

阿里山龍膽 *Gentiana arisanensis* Hayata

台灣龍膽 *Gentiana atkinsonii* var. *formosana* Yamamoto

黑斑龍膽 *Gentiana scabrida* Hayata var. *punctulata*

巒大當藥 *Swertia macrosperma* (C.B. Clarke) C.B. Clarke

Guttiferae 金絲桃科

玉山金絲桃 *Hypericum nagasawai* Hayata

Labiatae 唇形花科

台灣野薄荷 *Origanum vulgare* var. *formosanum* Hayata

Rosaceae 薔薇科

高山翻白草 *Potentilla matsumurae* Th.Wolf. var. *pilosa* Koidz.

玉山薔薇 *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hay.) Masamune
玉山懸鉤子 *Rubus hayatakoidzumii* Haruh.
台灣繡線菊 *Spiraea formosana* Hayata

Saxifragaceae 虎耳草科

梅花草 *Parnassia palustris*

Scrophulariaceae 玄參科

玉山小米草 *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata
玉山水苦蕒 *Veronica morrisonicola* Hayata

Violaceae 堇菜科

雪山堇菜 *Viola adenothrix* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masam.) Wang & Huang

、單子葉植物

Cyperaceae 莎草科

玉山針蘭 *Baeothryon subcapitatum* (Thwaites) T. Koyama
油薹 *Carex satsumensis* Fret Sav.

Juncaceae 燈心草科

台灣地楊梅 *Luzula taiwaniana* Satake

Liliaceae 百合科

台灣藜蘆 *Veratrum formosanum* Loesen. f.

Graminae 禾本科

玉山剪股穎 *Agrostis morrisonensis* Hay.
羊茅 *Festuca ovina* L.
高山芒 *Miscanthus transmorrisonensis* Hay.
台灣三毛草 *Trisetum spicatum* (L.) Rich. Var. *formosanum* (Honda) Ohwi
玉山箭竹 *Yushania niitakayamensis* (Hay.) Keng f.

【附錄二】太魯閣國家公園合歡山地區高山步道衝擊調查問卷

問卷編號：_____

太魯閣國家公園合歡山地區高山步道衝擊調查問卷

親愛的受訪者您好：

本問卷內容為「高山步道衝擊」的意見調查，請您費心填答。問卷結果僅供研究之用，並採不記名方式，敬請放心填寫。謝謝您的寶貴意見與協助。

祝 身體健康、事事順心

東海大學景觀學研究所研究生 洪怡萍 敬上

指導教授：賴明洲 博士，劉儒淵 博士

【旅遊特性】

一、您此行最大的目的（可複選）：

登山健行 體驗自然（賞鳥、採果、攝影） 增加知識 團體活動
打發時間 抒解壓力 交友 學術研究 其它_____（請註明）

二、您參加三千公尺以上高山登山活動的次數為何？

0次 第一次 2-5次 6次以上

三、您本次在太魯閣國家公園內預定停留幾天？

0天 一天 兩天 三天 四天 五天 六天以上

四、您本次旅遊經由什麼單位安排？

自行安排 學校社團 民間社團 旅行社 其他_____（請註明）

五、您本次旅遊的同行者有幾人？（不含自己）

0人 1人 2-5人 6-10人 11-20人
21-30人 31-40人 41人以上

六、您在合歡山區預定攀爬的山岳有？（可複選）

無 合歡主峰 合歡東峰 合歡北峰 合歡西峰
石門山 石門北峰 合歡尖山 其他_____（請註明）

七、您此行跟誰一起前來？

單獨出遊 與家人同遊 朋友或同學 親友同遊
團體旅遊 其它_____（請註明）

---請翻至背面，繼續填寫---

八、您來此的交通工具？

機車 汽車 遊覽車 計程車 騎單車 步行 其它__

九、您是否參加登山社團或相關社團（如自然步道協會）？

是 否

【可接受衝擊程度】

一、請問您認為步道旁的土壤裸露對視覺景觀是否有影響？

沒有
不一定
有

二、請看所附照片，勾選多少程度以上的植被覆蓋是您可以接受的。

照片一（覆蓋度：100 %）	照片二（覆蓋度：80 %）
照片三（覆蓋度：60 %）	照片四（覆蓋度：40 %）
照片五（覆蓋度：20 %）	照片六（覆蓋度：0 %）

【基本資料】

一、年齡：_____歲

二、性別： 男 女

三、教育程度

國小及自修 國中（初中） 高中（高職） 專科 大學 研究所以上

四、職業

學生 軍公教 農漁業 工 商 服務業
自由業 家管 無（含退休） 其他_____（請註明）

五、您過去居住最久的地區是：

都市地區 城鎮地區 鄉村地區

謝謝您寶貴意見！

東海大學景觀學研究所 敬上



覆蓋度：100%



覆蓋度：80%



覆蓋度：60%



覆蓋度：40%



覆蓋度：20%



覆蓋度：0%

【附錄三】合歡山步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化基本資料

附錄三-1 北峰步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化調查表

調查分析項目	小區	調查樣區					
		1	2	3	4	5	平均
CO (%) (植群覆蓋度)	a	40.0	40.0	50.0	60.0	45.0	47.0
	b	50.0	50.0	70.0	60.0	50.0	56.0
	c	70.0	60.0	50.0	50.0	50.0	56.0
	d	80.0	60.0	70.0	70.0	60.0	68.0
	e	70.0	65.0	65.0	55.0	80.0	67.0
	f	70.0	65.0	60.0	55.0	80.0	66.0
	g	85.0	65.0	50.0	60.0	80.0	68.0
	h	90.0	65.0	70.0	70.0	95.0	78.0
CR (%) (植群覆蓋度減少率)	a	55.6	38.5	28.6	14.3	52.6	37.9
	b	44.4	23.1	0.0	14.3	47.4	25.8
	c	22.2	7.7	28.6	28.6	47.4	26.9
	d	11.1	7.7	0.0	0.0	36.8	11.1
	e	22.2	0.0	7.1	21.4	15.8	13.3
	f	22.2	0.0	14.3	21.4	15.8	14.7
	g	5.6	0.0	28.6	14.3	15.8	12.8
	h	5.6	0.0	28.6	14.3	15.8	12.8
FD (%) (植相變異度)	a	38.4	53.7	46.8	37.0	43.0	43.8
	b	40.9	30.7	54.0	34.4	37.3	39.5
	c	42.6	44.2	21.5	24.1	25.7	31.6
	d	23.4	44.2	33.6	57.5	37.1	39.2
	e	23.1	27.9	29.7	45.5	30.6	31.4
	f	18.1	35.8	30.4	32.3	20.0	27.3
	g	26.2	36.5	18.6	24.1	26.6	26.4
	h	26.2	36.5	18.6	24.1	26.6	26.4
H (cm) (指標植物高度)	a	7.7	8.3	6.7	14.0	6.7	8.7
	b	10.5	19.3	8.0	14.1	15.7	13.5
	c	5.3	33.3	13.0	12.7	14.3	15.7
	d	16.0	33.0	15.0	14.6	16.0	18.9
	e	16.3	28.3	16.7	13.3	17.3	18.4
	f	19.7	31.7	17.7	21.2	16.0	21.2
	g	33.7	40.0	16.7	23.3	16.3	26.0
	h	33.7	43.0	19.0	25.0	18.9	27.9

續附錄三-1 北峰步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化調查表

調查分析項目	小區	調查樣區					
		1	2	3	4	5	平均
HR (%) (指標植物高度降低率)	a	77.2	80.6	64.9	44.0	64.7	66.3
	b	68.8	55.0	57.9	43.6	16.9	48.5
	c	84.2	22.5	31.6	49.3	24.3	42.4
	d	52.5	23.3	21.1	41.6	15.3	30.7
	e	51.5	34.1	12.3	46.7	8.5	30.6
	f	41.6	26.4	7.0	15.2	15.3	21.1
	g	0.0	7.0	12.3	6.7	13.6	7.9
	h						
SH (mm) (土壤硬度)	a	16.0	15.7	15.7	15.0	15.3	15.5
	b	14.0	14.7	15.0	14.0	15.0	14.5
	c	12.0	13.3	13.7	12.0	14.7	13.1
	d	12.7	14.0	12.7	11.7	14.0	13.0
	e	12.0	13.7	13.7	12.0	14.0	13.1
	f	12.7	14.0	13.3	11.7	14.0	13.1
	g	12.7	14.3	12.7	12.0	13.7	13.1
	h	11.7	11.7	12.7	11.7	11.3	11.8
SHI (%) (土壤硬度增加率)	a	36.8	34.3	23.7	28.6	35.0	31.7
	b	19.7	26.0	18.4	20.0	32.4	23.3
	c	2.6	14.0	8.2	2.9	29.7	11.5
	d	8.5	20.0	0.3	0.0	23.5	10.5
	e	2.6	17.4	7.9	2.9	23.5	10.9
	f	8.5	20.0	5.0	0.0	23.5	11.4
	g	8.3	22.9	0.0	2.9	20.9	11.0
	h						
IVI (%) (植群衝擊指數)	a	57.1	57.6	46.8	31.8	53.5	49.3
	b	51.4	36.3	37.3	30.8	33.9	37.9
	c	49.7	24.8	27.2	34.0	32.5	33.6
	d	29.0	25.0	18.2	33.0	29.8	27.0
	e	32.3	20.7	16.4	37.9	18.3	25.1
	f	27.3	20.7	17.2	23.0	17.0	21.1
	g	10.6	14.5	19.8	15.0	18.7	15.7
	h						

附錄三-2 東峰步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化調查表

調查分析項目	小區	調查樣區								平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	
CO (%) (植群覆蓋度)	a	10.0	5.0	90.0	40.0	70.0	50.0	40.0	70.0	46.9
	b	10.0	20.0	90.0	60.0	80.0	90.0	80.0	80.0	63.8
	c	20.0	50.0	95.0	85.0	80.0	90.0	80.0	70.0	71.3
	d	50.0	60.0	100.0	80.0	90.0	90.0	90.0	90.0	81.3
	e	80.0	80.0	80.0	90.0	100.0	80.0	90.0	90.0	86.3
	f	80.0	70.0	70.0	90.0	100.0	80.0	90.0	90.0	83.8
	g	90.0	90.0	80.0	90.0	90.0	80.0	80.0	100.0	87.5
	h	90.0	100.0	100.0	90.0	100.0	90.0	90.0	100.0	95.0
CR (%) (植群覆蓋度減少率)	a	88.9	95.0	10.0	55.6	30.0	44.4	55.6	30.0	51.2
	b	88.9	80.0	10.0	33.3	20.0	0.0	11.1	20.0	32.9
	c	77.8	50.0	5.0	5.6	20.0	0.0	11.1	30.0	24.9
	d	44.4	40.0	0.0	11.1	10.0	0.0	0.0	10.0	14.4
	e	11.1	20.0	20.0	0.0	0.0	11.1	0.0	10.0	9.0
	f	11.1	30.0	30.0	0.0	0.0	11.1	0.0	10.0	11.5
	g	0.0	10.0	20.0	0.0	10.0	11.1	11.1	0.0	7.8
	h	0.0	10.0	20.0	0.0	10.0	11.1	11.1	0.0	7.8
FD (%) (植相變異度)	a	39.1	45.9	43.4	65.0	43.5	38.3	32.1	36.8	43.0
	b	39.1	45.9	26.0	34.0	47.3	38.3	34.2	38.4	37.9
	c	26.1	33.4	30.0	21.2	30.4	25.5	14.9	34.5	27.0
	d	27.3	22.9	26.0	30.7	32.3	31.6	23.2	26.8	27.6
	e	26.3	22.9	26.0	21.8	29.5	23.1	25.4	29.2	25.5
	f	26.1	23.9	35.6	30.8	29.2	30.9	21.5	18.1	27.0
	g	26.1	19.7	15.0	30.7	20.3	24.4	12.4	16.9	20.7
	h	26.1	19.7	15.0	30.7	20.3	24.4	12.4	16.9	20.7
H (cm) (指標植物高度)	a	27.0	13.6	30.2	21.7	28.3	17.3	18.3	25.0	22.7
	b	27.4	15.3	35.6	21.9	42.1	17.5	18.5	26.0	25.5
	c	28.6	17.2	45.0	21.3	45.0	22.0	29.7	28.3	29.6
	d	35.6	26.3	45.0	22.6	45.0	18.9	25.0	33.7	31.5
	e	34.3	22.3	43.7	20.0	46.2	29.0	21.7	35.4	31.6
	f	36.8	29.0	42.1	26.8	46.7	21.0	25.0	43.3	33.8
	g	30.9	36.8	45.0	31.6	40.2	32.0	25.0	41.7	35.4
	h	39.0	37.8	45.8	32.5	46.7	39.2	30.0	44.5	39.4

續附錄三-2 東峰步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化調查表

調查分析項目	小區	調查樣區								
		1	2	3	4	5	6	7	8	平均
HR (%) (指標植物高度降低率)	a	30.8	64.0	34.1	33.3	39.3	55.8	38.9	43.8	42.5
	b	29.7	59.5	22.3	32.6	9.9	55.4	38.3	41.6	36.2
	c	26.7	54.5	1.7	34.5	3.6	43.9	1.1	36.3	25.3
	d	8.7	30.4	1.7	30.5	3.6	51.8	16.7	24.3	21.0
	e	12.1	41.0	4.7	38.5	1.1	26.0	27.8	20.4	21.4
	f	5.6	23.3	8.1	17.5	0.1	46.4	16.7	2.6	15.0
	g	20.8	2.6	1.7	2.8	13.9	18.4	16.7	6.4	10.4
	h	18.3	16.7	16.3	15.7	15.3	15.7	18.3	15.0	16.4
SH (mm) (土壤硬度)	a	18.3	16.7	16.3	15.7	15.3	15.7	18.3	15.0	16.4
	b	16.0	15.3	15.7	14.7	13.3	14.7	14.0	14.7	14.8
	c	14.1	14.3	17.3	12.3	12.7	13.0	13.3	15.0	14.0
	d	15.0	15.0	13.0	13.3	12.3	14.3	13.3	14.1	13.8
	e	14.7	14.7	13.0	13.3	12.7	13.7	14.0	15.0	13.9
	f	13.7	12.7	14.3	12.3	14.7	14.7	13.0	15.0	13.8
	g	12.0	13.0	14.7	12.7	16.7	13.7	13.3	12.7	13.6
	h	12.0	12.0	11.1	10.7	11.0	12.7	12.7	12.3	11.8
SHI (%) (土壤硬度增加率)	a	52.5	39.2	47.1	46.9	39.4	23.7	44.7	22.0	39.4
	b	33.3	27.5	41.4	37.5	20.9	16.1	10.5	19.5	25.8
	c	17.5	19.2	56.2	15.6	15.2	2.6	5.3	22.0	19.2
	d	25.0	25.0	17.1	25.0	11.8	12.9	5.0	14.6	17.1
	e	22.5	22.5	17.1	25.0	15.2	7.9	10.5	22.0	17.8
	f	14.2	5.8	29.1	15.6	33.3	15.8	2.6	22.0	17.3
	g	0.0	8.3	32.1	18.8	51.5	7.9	5.3	3.0	15.9
	h	52.9	68.3	29.2	51.3	37.6	46.2	42.2	36.9	45.6
IVI (%) (植群衝擊指數)	a	52.9	68.3	29.2	51.3	37.6	46.2	42.2	36.9	45.6
	b	52.6	61.8	19.4	33.3	25.7	31.2	27.9	33.3	35.7
	c	43.5	46.0	12.2	20.4	18.0	23.1	9.0	33.6	25.7
	d	26.8	31.1	9.2	24.1	15.3	27.8	13.3	20.4	21.0
	e	16.5	28.0	16.9	20.1	10.2	20.1	17.7	19.9	18.7
	f	14.3	25.7	24.6	16.1	9.8	29.5	12.7	10.2	17.9
	g	15.6	10.8	12.2	11.2	14.7	18.0	13.4	7.8	13.0
	h	15.6	10.8	12.2	11.2	14.7	18.0	13.4	7.8	13.0

附錄三-3 石門山步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化調查表

調查分析項目	小區	調查樣區			
		1	2	3	平均
CO (%) (植群覆蓋度)	a	60.0	60.0	80.0	66.7
	b	80.0	80.0	70.0	76.7
	c	80.0	70.0	60.0	70.0
	d	90.0	80.0	80.0	83.3
	e	70.0	80.0	80.0	76.7
	f	70.0	70.0	100.0	80.0
	g	80.0	70.0	100.0	83.3
	h	90.0	90.0	100.0	93.3
CR (%) (植群覆蓋度減少率)	a	33.3	33.3	20.0	28.9
	b	11.1	11.1	30.0	17.4
	c	11.1	22.2	40.0	24.4
	d	0.0	11.1	20.0	10.4
	e	22.2	11.1	20.0	17.8
	f	22.2	22.2	0.0	14.8
	g	11.1	22.2	0.0	11.1
FD (%) (植相變異度)	a	41.7	44.0	38.7	41.5
	b	39.5	34.3	42.3	38.7
	c	36.7	38.6	30.6	35.3
	d	20.9	30.3	30.0	27.1
	e	26.1	35.4	22.6	28.0
	f	24.1	32.8	24.7	27.2
	g	20.9	21.5	23.0	21.8
H (cm) (指標植物高度)	a	12.0	22.7	15.0	16.6
	b	13.0	23.3	18.7	18.3
	c	16.7	23.3	17.7	19.2
	d	18.0	24.6	19.3	20.6
	e	15.5	23.5	19.7	19.6
	f	16.7	24.2	20.0	20.3
	g	21.7	23.6	25.0	23.4
	h	21.9	24.6	25.3	23.9

續附錄三-3 石門山步道連續梯度樣區衝擊效應之梯度變化調查表

調查分析項目	小區	調查樣區			
		1	2	3	平均
HR (%) (指標植物高度降低率)	a	45.2	7.9	40.7	31.3
	b	40.6	5.1	26.2	24.0
	c	23.9	5.1	30.2	19.7
	d	17.8	0.0	23.6	13.8
	e	29.2	4.5	22.1	18.6
	f	23.9	1.6	20.9	15.5
	g	1.1	4.1	1.2	2.1
SH (mm) (土壤硬度)	a	17.7	19.3	17.7	18.2
	b	13.3	13.0	16.0	14.1
	c	12.3	13.0	16.3	13.9
	d	13.0	13.0	16.0	14.0
	e	12.0	12.0	16.0	13.3
	f	11.6	13.0	16.0	13.5
	g	11.3	12.7	15.0	13.0
	h	11.0	11.3	14.3	12.2
SHI (%) (土壤硬度增加率)	a	60.6	70.6	23.3	51.5
	b	21.2	14.7	11.6	15.8
	c	12.1	14.7	14.0	13.6
	d	18.2	14.7	11.6	14.8
	e	9.1	5.9	11.6	8.9
	f	5.5	14.7	11.6	10.6
	g	2.7	12.1	4.7	6.5
IVI (%) (植群衝擊指數)	a	40.1	28.4	33.1	33.9
	b	30.4	16.9	32.8	26.7
	c	23.9	22.0	33.6	26.5
	d	12.9	13.8	24.5	17.1
	e	25.8	17.0	21.6	21.5
	f	23.4	18.9	15.2	19.2
	g	11.0	15.9	8.1	11.7

【附錄四】合歡山步道衝擊效應基本資料
附錄四-1 北峰步道衝擊效應調查表

調查分析項目	小區	調查樣區																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CO(%) (植群覆蓋度)	a	40.0	80.0	40.0	50.0	60.0	45.0	95.0	60.0	90.0	80.0	50.0	90.0	70.0	90.0	60.0	60.0	90.0
	b	50.0	90.0	50.0	70.0	60.0	50.0	100.0	70.0	100.0	100.0	70.0	90.0	80.0	90.0	60.0	80.0	90.0
	d	80.0	100.0	60.0	70.0	70.0	60.0	100.0	80.0	100.0	100.0	70.0	100.0	90.0	95.0	70.0	80.0	90.0
CR(%) (植群覆蓋度減少率)	a	50.0	20.0	33.3	28.6	14.3	25.0	5.0	25.0	10.0	20.0	28.6	10.0	22.2	5.3	14.3	25.0	0.0
	b	37.5	10.0	16.7	0.0	14.3	16.7	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	10.0	11.1	5.3	14.3	0.0	0.0
FD(%) (植相變異度)	a	29.8	40.3	36.5	44.1	47.8	69.7	43.9	21.4	41.6	22.4	16.5	46.8	82.7	57.0	30.2	44.5	34.7
	b	21.0	28.2	30.9	36.8	37.8	54.6	39.0	18.7	40.7	16.8	4.8	45.6	38.9	50.5	20.3	26.5	28.2
H(cm) (指標植物高度)	a	7.7	24.0	8.3	6.7	14.0	6.7	21.7	30.0	20.0	24.3	11.7	20.0	0.0	19.0	15.0	12.3	18.3
	b	10.5	32.0	19.3	8.0	14.1	15.7	43.2	30.0	25.7	25.0	12.0	23.3	21.7	19.0	16.0	13.0	28.3
	d	16.0	33.0	33.3	15.0	14.6	16.0	45.0	32.1	36.0	26.7	12.3	25.8	22.6	19.1	18.3	13.3	30.0
HR(%) (指標植物高度降低率)	a	52.1	27.3	75.0	55.6	4.1	58.1	51.9	6.5	44.4	8.9	5.1	22.5	100.0	0.5	18.2	7.5	38.9
	b	34.4	3.0	42.0	46.7	3.4	1.9	4.0	6.5	28.6	6.4	2.4	9.6	4.1	0.5	12.7	2.5	5.6
SH(mm) (土壤硬度)	a	16.0	18.0	15.7	15.7	15.0	15.3	12.0	13.7	15.3	15.3	13.7	15.7	17.3	17.0	16.7	17.7	15.0
	b	14.0	10.7	14.7	15.0	14.0	15.0	11.7	13.5	14.7	15.0	13.3	14.7	14.3	16.3	14.7	16.0	14.7
	d	12.7	10.3	14.0	12.7	11.7	14.0	10.0	11.3	14.0	13.0	11.7	14.7	13.0	15.0	12.7	15.3	12.7
SHI(%) (土壤硬度增加率)	a	26.0	74.8	11.9	23.4	28.6	9.3	20.0	20.9	9.3	17.9	16.8	7.0	33.3	13.3	31.6	15.2	18.4
	b	10.2	3.6	5.0	18.1	20.0	7.1	16.7	19.5	5.0	15.4	14.0	0.0	10.3	8.7	16.1	4.3	15.8
IVI(%) (植群衝擊指數)	a	44.0	29.2	48.3	42.7	22.1	50.9	33.6	17.6	32.0	17.1	16.7	26.4	68.3	20.9	20.9	25.7	24.5
	b	31.0	13.7	29.9	27.8	18.5	24.4	14.3	12.6	23.1	7.7	2.4	21.7	18.0	18.8	15.8	9.7	11.3
步道坡度(度)		40.0	50.0	30.0	20.0	20.0	10.0	30.0	20.0	10.0	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0	20.0	20.0	45.0
邊坡坡度(度)		45.0	60.0	10.0	30.0	30.0	20.0	60.0	10.0	60.0	10.0	30.0	20.0	30.0	10.0	10.0	45.0	60.0
步道寬度(m)		1.9	0.7	1.2	0.7	0.7	0.6	0.7	0.4	0.5	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5

續附錄四-1 北峰步道衝擊效應調查表

調查分析項目	小區	調查樣區																			
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	平均
CO(%) (植群覆蓋度)	a	100.0	60.0	50.0	90.0	100.0	50.0	80.0	90.0	90.0	50.0	50.0	70.0	50.0	70.0	80.0	50.0	70.0	90.0	70.0	69.7
	b	100.0	90.0	70.0	100.0	100.0	70.0	90.0	90.0	90.0	90.0	100.0	80.0	90.0	70.0	90.0	70.0	80.0	90.0	70.0	81.4
	d	100.0	90.0	70.0	100.0	100.0	80.0	95.0	90.0	90.0	90.0	100.0	80.0	90.0	70.0	90.0	80.0	80.0	100.0	80.0	85.8
CR(%) (植群覆蓋度減少率)	a	0.0	33.3	28.6	10.0	0.0	37.5	15.8	0.0	0.0	44.4	50.0	12.5	44.4	0.0	11.1	37.5	12.5	10.0	12.5	19.4
	b	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	10.0	12.5	5.6
FD(%) (植相變異度)	a	26.3	29.2	43.0	52.2	41.0	20.1	35.4	23.0	24.4	41.2	44.1	40.3	46.6	45.5	34.5	27.0	25.9	34.4	21.2	37.9
	b	13.0	22.6	17.8	50.0	38.3	15.8	35.4	19.8	13.1	28.2	44.1	23.8	32.6	36.6	18.8	26.6	19.5	34.4	21.2	29.2
H(cm) (指標植物高度)	a	20.0	16.7	6.0	11.0	35.1	9.3	26.7	15.0	15.0	5.0	4.3	7.7	10.0	6.0	15.0	5.0	13.3	15.0	18.3	14.3
	b	25.0	16.5	23.0	11.0	36.0	13.3	28.3	16.7	23.3	16.7	20.8	13.3	12.4	13.3	30.0	11.7	26.7	31.7	18.7	20.7
	d	26.0	16.8	24.6	23.3	36.0	16.7	29.5	16.8	27.6	16.7	21.0	15.6	18.3	16.0	31.9	13.3	29.7	31.7	18.7	23.3
HR(%) (指標植物高度降低率)	a	23.1	0.8	75.6	52.9	2.5	44.0	9.6	10.7	45.7	70.1	79.4	50.9	45.5	62.5	53.0	62.4	55.1	52.6	2.0	38.2
	b	3.8	1.8	6.5	52.9	0.0	20.0	4.0	0.8	15.5	0.2	1.0	14.5	32.4	16.7	6.0	12.3	10.2	0.0	0.0	11.5
SH(mm) (土壤硬度)	a	12.3	19.0	14.7	18.0	13.0	19.0	12.7	16.0	15.7	20.0	14.3	18.3	16.0	19.0	15.0	19.0	15.7	15.3	15.7	15.9
	b	10.7	15.7	13.7	16.0	12.0	13.0	12.7	15.1	15.0	19.3	14.3	13.7	9.7	16.3	12.3	17.3	14.7	15.3	15.3	14.3
	d	10.3	14.0	13.3	13.0	11.3	13.0	12.7	13.3	14.0	18.7	11.7	12.0	8.3	13.7	11.0	15.0	14.3	14.3	14.7	13.0
SHI(%) (土壤硬度增加率)	a	19.7	35.7	10.3	38.5	14.7	46.2	0.0	20.0	11.9	7.0	22.9	52.8	92.8	39.0	36.4	26.7	9.3	7.0	6.8	24.3
	b	3.6	11.9	2.8	23.1	5.9	0.0	0.0	13.3	7.1	3.2	22.9	13.9	16.5	19.5	12.1	15.6	2.6	7.0	4.3	10.4
IVI(%) (植群衝擊指數)	a	16.5	21.1	49.1	38.4	14.5	33.9	20.3	11.2	23.4	51.9	57.8	34.6	45.5	36.0	32.9	42.3	31.2	32.3	11.9	31.8
	b	5.6	8.1	8.1	34.3	12.8	16.1	14.9	6.9	9.5	9.5	15.0	12.8	21.7	17.8	8.3	17.1	9.9	14.8	11.2	15.4
步道坡度(度)		45.0	10.0	10.0	10.0	10.0	5.0	5.0	20.0	20.0	10.0	10.0	30.0	30.0	30.0	30.0	10.0	10.0	5.0	5.0	20.3
邊坡坡度(度)		30.0	30.0	10.0	30.0	10.0	30.0	10.0	20.0	30.0	10.0	45.0	10.0	60.0	10.0	45.0	10.0	10.0	10.0	10.0	26.7
步道寬度(m)		0.5	1.2	1.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.7	0.7	0.8

附錄四-2 東峰步道遊憩衝擊效應調查表

調查分析項目	小區	調查樣區																						平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
CO(%) (植群覆蓋度)	a	10.0	5.0	90.0	50.0	40.0	70.0	50.0	40.0	90.0	70.0	80.0	70.0	80.0	95.0	70.0	30.0	80.0	80.0	40.0	90.0	80.0	70.0	62.7
	b	10.0	20.0	90.0	90.0	60.0	80.0	90.0	80.0	100.0	80.0	90.0	70.0	80.0	100.0	80.0	80.0	100.0	100.0	50.0	100.0	90.0	70.0	77.7
	d	50.0	60.0	100.0	90.0	80.0	90.0	90.0	90.0	100.0	90.0	100.0	90.0	80.0	100.0	90.0	100.0	100.0	100.0	90.0	100.0	90.0	90.0	89.5
CR(%) (植群覆蓋度減少率)	a	80.0	91.7	10.0	44.4	50.0	22.2	44.4	55.6	10.0	22.2	20.0	22.2	0.0	5.0	22.2	70.0	20.0	20.0	55.6	10.0	11.1	22.2	32.2
	b	80.0	66.7	10.0	0.0	25.0	11.1	0.0	11.1	0.0	11.1	10.0	22.2	0.0	0.0	11.1	20.0	0.0	0.0	44.4	0.0	0.0	22.2	15.7
FD(%) (植相變異度)	a	40.3	34.9	35.8	25.1	49.8	29.3	44.5	55.4	49.0	28.2	61.3	24.7	21.8	39.0	45.1	50.0	20.8	33.0	26.0	54.5	33.6	42.7	38.4
	b	40.3	34.9	18.2	17.2	17.4	28.3	44.5	33.0	44.0	28.0	26.2	18.7	19.3	26.0	45.1	50.0	1.6	33.0	24.9	41.0	26.5	31.8	29.5
H(cm) (指標植物高度)	a	27.0	13.6	30.2	20.0	21.7	28.3	17.3	18.3	35.0	21.7	21.7	6.7	38.3	49.7	25.0	6.0	4.3	8.3	11.0	43.0	23.3	28.3	22.7
	b	27.4	15.3	35.6	53.3	21.9	42.1	17.5	18.5	46.7	23.3	35.0	13.3	43.7	53.3	26.0	16.7	12.7	20.3	22.7	43.7	26.7	33.3	29.5
	d	35.6	26.3	45.0	53.3	22.6	45.0	18.9	25.0	47.1	25.0	61.7	23.3	45.3	53.8	33.7	23.3	17.3	21.7	23.3	45.0	28.3	33.6	34.3
HR(%) (指標植物高度降低率)	a	24.2	48.3	32.9	62.5	4.0	37.1	8.3	26.7	25.7	13.3	64.9	71.4	15.4	7.7	25.8	74.3	75.0	61.5	52.9	4.4	17.6	15.7	35.0
	b	23.0	41.8	20.9	0.0	3.1	6.4	7.4	26.0	0.9	6.7	43.2	42.9	3.6	0.9	22.8	28.6	26.9	6.3	2.9	2.9	5.9	0.8	14.7
SH(mm) (土壤硬度)	a	18.3	16.7	16.3	17.0	15.7	15.3	15.7	18.3	15.0	14.0	14.0	16.0	15.0	12.3	15.0	15.0	19.3	18.7	20.7	13.0	14.3	16.3	16.0
	b	16.0	15.3	15.7	10.7	14.7	13.3	14.7	14.0	13.0	13.3	14.0	13.7	11.7	11.3	14.7	14.7	16.0	14.0	15.0	12.3	14.0	15.7	14.0
	d	15.0	15.0	13.0	10.3	13.3	12.3	14.3	13.3	12.7	12.7	10.7	12.3	11.0	11.0	14.1	13.7	15.7	13.0	13.7	11.0	14.0	14.7	13.0
SHI(%) (土壤硬度增加率)	a	22.0	11.3	25.6	65.0	17.8	24.7	9.6	37.8	18.4	10.5	31.3	30.1	36.4	12.1	6.4	9.8	23.4	43.6	51.2	18.2	2.4	11.4	23.6
	b	6.7	2.0	20.8	3.6	10.5	8.1	2.8	5.3	2.6	5.3	31.3	11.1	6.1	2.7	4.3	7.3	2.1	7.7	9.8	12.1	0.0	6.8	7.7
IVI(%) (植群衝擊指數)	a	48.2	58.3	26.2	44.0	34.6	29.5	32.4	45.9	28.2	21.3	48.7	39.5	12.4	17.2	31.0	64.8	38.6	38.2	44.8	23.0	20.8	26.9	35.2
	b	47.8	47.8	16.4	5.7	15.2	15.3	17.3	23.4	15.0	15.3	26.5	27.9	7.6	9.0	26.4	32.9	9.5	13.1	24.1	14.6	10.8	18.3	20.0
步道坡度(度)		40.0	40.0	10.0	10.0	5.0	5.0	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0	10.0	10.0	20.0	30.0	10.0	10.0	10.0	10.0	30.0	30.0	30.0	19.1
邊坡坡度(度)		30.0	30.0	30.0	20.0	0.0	0.0	0.0	10.0	30.0	30.0	30.0	10.0	0.0	30.0	30.0	20.0	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	17.3
步道寬度(m)		2.8	4.0	0.7	0.7	0.7	0.7	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	0.7	0.7	0.7	1.2	1.2	1.2	1.2	0.7	1.2	1.2	1.1

附錄四-3 石門山步道遊憩衝擊效應調查表

調查分析項目	小區	調查樣區															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均
CO(%) (植群覆蓋度)	a	60.0	60.0	20.0	40.0	80.0	70.0	70.0	70.0	80.0	60.0	95.0	90.0	100.0	60.0	70.0	68.3
	b	80.0	80.0	70.0	40.0	80.0	80.0	80.0	70.0	90.0	90.0	95.0	90.0	100.0	70.0	70.0	79.0
	d	90.0	80.0	80.0	50.0	80.0	80.0	80.0	80.0	90.0	90.0	90.0	100.0	100.0	100.0	70.0	70.0
CR(%) (植群覆蓋度減少率)	a	33.3	25.0	75.0	20.0	0.0	12.5	12.5	22.2	11.1	33.3	5.0	10.0	0.0	14.3	0.0	18.3
	b	11.1	0.0	12.5	20.0	0.0	0.0	0.0	22.2	0.0	0.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	5.4
FD(%) (植相變異度)	a	34.0	44.3	53.6	63.1	39.2	74.2	19.6	21.7	36.1	38.8	27.6	34.6	17.2	43.0	17.4	37.6
	b	22.6	36.9	33.2	51.8	29.8	25.1	19.3	21.7	18.4	13.0	0.0	34.6	17.2	26.8	13.2	24.2
H(cm) (指標植物高度)	a	12.0	22.7	15.0	9.0	15.0	13.3	24.3	14.0	50.0	24.3	65.0	50.0	40.0	20.0	18.3	26.2
	b	13.0	23.3	18.7	12.7	18.7	26.0	23.3	17.7	61.0	45.0	66.3	63.3	42.3	21.3	18.7	31.4
	d	18.0	24.6	19.3	14.0	19.3	27.3	25.8	23.3	62.0	47.0	67.3	64.3	47.0	26.4	26.0	34.1
HR(%) (指標植物高度降低率)	a	33.3	7.9	22.3	35.7	22.4	51.2	5.8	40.0	19.4	48.2	3.4	22.2	14.9	24.2	29.5	25.4
	b	27.8	5.1	3.1	9.3	3.4	4.8	9.6	24.3	1.6	4.3	1.5	1.5	10.0	19.3	28.2	10.3
SH(mm) (土壤硬度)	a	17.7	19.3	17.7	15.7	17.7	14.3	14.3	17.7	9.7	17.0	14.3	11.7	17.7	17.0	15.0	15.8
	b	13.3	13.0	16.0	15.3	16.0	14.3	13.0	15.7	9.3	12.3	11.7	9.0	12.7	16.0	15.0	13.5
	d	13.0	13.0	16.0	15.0	16.0	10.7	12.7	15.0	9.3	11.7	11.7	9.0	9.7	13.7	14.3	12.7
SHI(%) (土壤硬度增加率)	a	35.9	48.7	10.6	4.7	10.4	34.4	13.2	17.8	3.9	45.3	22.9	29.6	82.8	24.4	4.7	25.9
	b	2.6	0.0	0.0	2.0	0.0	34.4	2.6	4.4	0.0	5.4	0.0	0.0	31.0	17.1	4.7	6.9
IVI(%) (植群衝擊指數)	a	33.6	25.7	50.3	39.6	20.5	46.0	12.6	28.0	22.2	40.1	12.0	22.3	10.7	27.2	15.6	27.1
	b	20.5	14.0	16.3	27.0	11.1	10.0	9.6	22.7	6.7	5.8	2.2	15.4	9.1	15.4	13.8	13.3
步道坡度(度)		10.0	20.0	30.0	30.0	20.0	10.0	30.0	30.0	10.0	10.0	10.0	10.0	20.0	20.0	10.0	18.0
邊坡坡度(度)		30.0	30.0	20.0	30.0	20.0	20.0	20.0	30.0	0.0	10.0	10.0	20.0	10.0	10.0	10.0	18.0
步道寬度(m)		0.7	0.7	1.1	1.1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.2	0.7	0.8
鋪面形式		土	土	土	土	木	木	土	土	土	土	碎石	碎石	碎石	碎石	土	-

