



國家森林遊樂區步道環境監測機制之建立與執行

文 ■ 劉儒淵 ■ 台灣發展研究院生態暨資源保育研究所 研究員

一、前言

步道 (trail) 系統的規劃設置, 提供遊客欣賞自然與遊憩的空間, 為生態旅遊地各項景觀施業中極為重要的一環, 尤其是以自然型或山野型景觀資源為主的森林遊樂區、國家公園及其他原野生態旅遊地等為然。經營管理單位可利用完善的步道規劃, 配合有效的經營管理策略, 引導或疏散遊客, 避免遊憩活動集中在某些據點, 造成過度利用; 或引導遊客遠離資源脆弱、易遭破壞地區, 而不致造成難以回復的衝擊。也可視實際需要, 鼓勵遊客集中使用, 使對環境的衝擊得以控制, 局限在事先規劃的範圍內, 不致擴及他處 (劉儒淵與曾家琳, 2003a)。

步道因遊憩使用 (主要是遊客踐踏、破壞行為或其他因素), 常造成各種不同型態與程度的衝擊, 而導致步道惡化 (trail deterioration) 的現象, 包括步道分生 (trail proliferation) 形成多條平行小徑 (parallel multiple treads)、植群消失或組成改變、土壤緊壓化 (soil compaction)、步道加寬 (soil widening) 及步道沖蝕 (trail erosion) 等問

題, 不但破壞了遊憩環境品質, 也造成遊客之視覺衝擊而影響其遊憩體驗 (Leung & Marion, 1996; 彭育琦, 1997)。

步道沿線環境衝擊之調查與監測結果, 可以反應出步道規劃設計的良窳、人為干擾 (尤其是遊客踐踏衝擊) 的程度, 使經營者能瞭解該步道的使用遊客人數是否超過其承載量 (carrying capacity), 且能掌握何處、何時需要施行哪些經營措施 (如改變及強化路面質地、變更步道穿越路線等), 或據以評估經營策略之有效與否, 為生態旅遊地經營管理上重要的課題 (Hammitt & Cole, 1998)。可見規劃完善的步道系統不僅是生態旅遊地應提供的最主要遊憩服務設施之一, 經營者更可藉由步道沿線生態環境改變之調查與監測, 了解各遊憩據點及步道之狀況, 俾作各項維護與衝擊防治工作, 而達成遊憩資源保育經營的目標。

二、步道衝擊之空間型態

遊憩使用因具有高度集中的特性, 因此各遊憩據點 (如露營區、野餐區、營火場、

或景觀眺望點等)與連接其間之步道就成為生態旅遊地遊憩衝擊最嚴重的地方，Manning (1979)將其稱之為衝擊的「節與鍊」(node and linkage)。步道的衝擊型態與露營區者類似，是由高度衝擊的步道邊緣，經改變較小的步道兩側，以至未經干擾的邊鄰地區，呈現一致的漸變現象。

大部分的泥土步道表面地被植群消失，土壤裸露而緊壓，由於常遭遊客踐踏的影響，步道踏面上偶會積水而加速土壤沖蝕，使得樹根與岩石裸露，甚至因路面加深而淪為排水溝，步道因而難以使用，遊客或登山健行者只好另闢蹊徑，造成路面加寬而擴大衝擊面積。正如營地上的衝擊區 (impact zone) 一樣，步道通常是刻意開闢為高度衝擊區的，經營的目標在使步道發揮其功能，儘可能讓遊客留在步道上，不致加寬衝擊面積。如有規劃周詳之步道系統，則可產生引導作用，衝擊僅發生於步道邊緣，在遊客數量未達某一限度時，步道能保持原設計寬度，而步道外之天然植群也可維持原來面貌。國內大多數生態旅遊地為了防止步道表面的沖蝕，及提供舒適的行走路面，常修築石板或水泥步道，亦有將鋪面作成階梯狀者，此種路面雖顯得不太自然，然多數遊客易於行走，能將活動範圍局限於路面，而避免兩側坡面之土壤或植群遭受大規模破壞。

步道兩側可視為殃及區 (intersite zone)，也有土壤的緊壓化與沖蝕情形，然不若路面顯著；兩側的植群組成與未受干擾地區不大相同，此乃微生育地變化所導至，由

於遊客踐踏及步道的開闢，土壤性質、含水率及地面光度均有所變化，故能適應的植物種類也隨之改變，多屬生長低矮且耐踐踏之所謂路邊植物 (roadside plants)，並且有許多為遊客無心而帶入的外來雜草。就生態旅遊地之型態及經營目標而言，除非負有生態保護之任務，或經營者注重原始植群之保育，原則上步道兩側植物種類的改變，對生態旅遊地之素質不但沒有損害，反而有益，因微生育地之改變，導至物種歧異度之增加，可使細部景緻之內容更加豐富。當然，此種改變必須局限在少數遊覽路線或遊憩據點附近，才不致使生態旅遊地之天然植群特性產生全面的改變 (蘇鴻傑，1987；劉儒淵，1989)。

三、步道衝擊之調查監測方法

基於環境保育之考量，生態旅遊地的每一條步道，無論新闢或既有步道的整建，在規劃設計的階段，即應對遊憩活動可能造成之衝擊預作評估，以作遊憩服務設施、活動地點及路線規劃、利用型態、容納量等之決策參考。步道開放使用後，遊憩資源衝擊之調查研究，更為經營管理上重要的措施之一，用以制定管理策略，並不斷的監測衝擊程度，以修正管理策略。

(一) 步道衝擊之研究方法

回顧以往國內外有關遊憩活動對步道沿線生態衝擊之研究，常以下列三種方式進行：1.既成事實之分析；2.對改變現象作長期監視及3.模擬試驗 (Cole, 1979；蘇鴻傑，



1987；劉儒淵，1989，林秀娟，1996)，茲簡述並比較如下：

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，但無法明確瞭解各項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。

以上三種遊憩衝擊研究法，均以環境實體為調查對象，包括天然植群、土壤、野生動物、空氣及水資源等，觀察之樣品採用遭受衝擊、未遭受衝擊或遭受不同使用量及衝擊之樣區，加以對照比較（Saunders & Shew, 1986）。在國內已開放之生態旅遊地，如欲在短期內對各步道之遊憩衝擊效應

有所瞭解，俾施行各項防治措施，可採用「既成事實之分析」方法進行調查研究。惟為有效掌控遊憩衝擊程度，維護遊憩環境品質，則宜儘可能在人力及經費許可下，進行定期之衝擊監測作業。

（二）步道衝擊監測技術

而在生態旅遊地的衝擊經營實務上，常被用來作為評估步道環境改變的監測技術可概略的區分為三種類型，包括步道分段小樣本的重複測量、大尺度取樣的快速調查，以及完整的審視步道狀況之普查技術等（Hammit & Cole, 1998）。

1. 重複測量

以系統或逢機取樣設定若干永久樣區，定期精確地觀測步道情況改變之定量監測法。例如豎立固定樁，連續觀測步道橫斷面積之改變，可探知土壤沖蝕或沈積情形等細微的變化（Cole, 1983；Jubenville & O'Sullivan, 1987）。另有人發展出一套用立體攝影來量測步道橫斷面積的技術，定期定點拍攝步道情況改變情形，作為研判步道沖蝕的依據（Rinehart *et al.*, 1978）。

2. 快速測量取樣

步道沿線每間隔若干距離，選取數個樣區作快速的調查測量法（Hammit & Cole, 1998）。調查的介量包括步道寬度、路面凹陷深度、地被植群覆蓋度，或其他足以反應遊憩衝擊的步道況狀，由研究者或經營者視實際需要選擇1~2項進行調查，由於不設固定觀測樣區，調查工作較為省事。

3. 普查技術

另一種步道監測技術則是普查整個步道系統。先設計一份清單，列出各種步道狀況之調查項目，如土壤沖蝕、凹陷、積水、泥潭、植被消失、樹根裸露、岩石露出、車輛輪溝等等，各項並分別訂有不同程度之分級。將所有步道加以分段（例如以0.5 km為一單元），比照快速測量法之方式實地調查描述單元內各項步道情況之數目與等級，最後統計顯示全區步道各單項因子遭受衝擊之百分比（Cole, 1983；Leung & Marion, 1999）。

此外在某些情況下，航空攝影不失為有效而經濟的衝擊監測方式，只要沒有樹冠遮蔽，空中照片是監測遊憩用地劣化面積、數目與過程的良好方法（Hammit & Cole, 1998）。而前述幾種步道之調查監測方法各有其優缺點，經營者可視其經營目標、精密度的需求、人力與經費上之考量等不同，選擇適用之方法施行之（劉儒淵，1995）。儘管其方法有異，然為降低步道之衝擊，維護步道狀況良好，發揮其功能之目標則是一致的。

四、步道衝擊之調查介量

雖然包括天然植群、野生動物、土壤、空氣及水等各項環境因子，均可作為步道沿線遊憩衝擊之調查對象，唯根據國內外之研究結果顯示，遊憩活動對原野地或生態旅遊地環境之衝擊，最容易反應在植群與土壤的改變上，尤其這兩項遊憩衝擊效應之空間型態最為固定（劉儒淵，1989），也最容易造成遊客之視覺衝擊，而為經營者所重視

（Saunders & Shew, 1985；Cole, 1987；陳昭明等，1989；劉儒淵，1996）。

（一）植群衝擊

Graefe *et al.*（1986）及蘇鴻傑（1987）等人均指出，植群對遊憩衝擊具有較高之敏感度，且易於觀測，常可作為步道環境衝擊監測上之指標，在經營決策或容納量之決定上，佔有重要地位，尤其當生態旅遊地之經營目標著重在自然資源之保育與遊憩品質之維護時，對天然植群所受到的遊憩衝擊應有徹底之瞭解（Kuss, 1986）。

一般用來描述植群衝擊的介量並不是很多，主要包括植群的數量、植群組成及植物的情況三大類，而且要瞭解這幾個介量所需要的植群生態學的知識遠比土壤或其他因子簡單，因此植群衝擊之調查研究在整個遊憩生態學的領域裡佔有非常重要的地位（Hammit & Cole, 1998）。

1. 植群的數量

最常作為調查遊憩衝擊的介量為植群覆蓋度，通常指的是單位面積內植物地上部垂直伸展所覆蓋面積的百分比，如Cole（1979）所提出的覆蓋度減少率（cover reduction, CR），即為簡易而實用之調查介量。設置若干 $1 \times 1\text{m}^2$ 之方形樣區，並計算樣區內植群覆蓋度的百分比，比較調查樣區與鄰近未受干擾地區（對照區）之植群覆蓋度之差異來界定其衝擊效應。此一介量廣泛被應用在生態旅遊地之露營區與步道遊憩衝擊效應之調查監測上，甚至作為衝擊監測的單一指標（劉儒淵等，2001；林晏州，2002；劉儒淵、曾



家琳，2003b)，唯此法須有一個假設的前提，即對照區非常接近遊憩區未經使用前的植群狀態 (Hammitt & Cole, 1998)。

2. 植群組成

另一個植群衝擊調查常用的介量為植群組成，除了估測受衝擊地區整體之植群數量外，也記錄個別植物種類之覆蓋度。此等資料可以顯示遊憩使用地區植物社會（尤其是地被植物）在質和量方面的改變。植物種類組成的變化通常由記錄不同時間（遊憩使用前後），或不同地點（遊憩地區與未受干擾之對照區）不同種類之覆蓋度來估測衝擊的程度。然而僅是一長列的植物目錄，難以比較不同生育地植物組成之變化程度，因此Cole (1978) 乃提出「植相變異度」(floristic dissimilarity, FD) 之指數，用來評量兩地植群的差異程度。該指數由0至100%，0表示兩生育地之植物種類及相對豐富度均相同，惟實際在自然狀況下不可能存在，即使在未遭干擾情況下，兩個生育地之植群組成仍然存在相當之差異，一般在25%左右；100%則表示其中一處完全沒有植物，或兩地無相同的植物存在。此一介量經常被採用作為步道沿線量化植物種類組成之改變程度，也多次為國內之研究者所引用（王相華 1988，劉儒淵、黃英塗 1989，陳昭明等 1989，林秀娟，1996；彭育琦1997；劉儒淵，1992~2004；洪怡萍，2003；張森永等，2004），其調查分析結果也頗能反應各調查地區之植群遭受遊憩衝擊之程度。

3. 植物的情況

第三個常用的介量為植物（尤其是樹木）的情況。許多研究都曾記錄與描述遊憩地區之樹木遭受各種型態之傷害，包括根系暴露或樹幹遭嚴重割刻等之百分比、數目或密度等。植物高度的變化、樹木年輪之平均寬度等則是較常用來描述植物在形態上對衝擊的反應之介量 (Hammitt & Cole, 1998；劉儒淵，1993；劉吉川，2004)。

步道兩側地被植群覆蓋減少，造成土壤裸露、泥濘甚至沖蝕現象，影響視覺景觀及遊客之遊憩體驗；而植物種類、數量與高度的消長，影響生態旅遊地之自然生態與環境品質，各步道如僅採用單一介量之調查結果，無法評估及比較其衝擊程度的高低。既然個別的植群衝擊調查介量有其應用上之缺點或限制，劉儒淵（1993）曾提出以植群覆蓋度減少率 (CR)、植相變異度 (FD) 及指標植物的高度降低率 (height reduction, HR) 等三種介量所合成之綜合性評估指標—植群衝擊指數 (Index of Vegetation Impact, IVI) (註：調查區如無具明顯單一優勢可供為監測指標種之地被植物，則僅採用CR及FD兩項)。經多次實証研究結果顯示與其他各項因



子間均具有極為顯著之相關，且具有簡易加權、整合及分級的特性，應不失為客觀而實用之衝擊評估指標（劉儒淵等，2001；劉儒淵、曾家琳，2003b；張森永等，2004）。而在應用時，研究者或經營者可視其調查地點之環境條件、土地使用分區或經營目標之差異，就其組成之二或三項衝擊介量，分別給予不同比重之加權，而能有效的應用於遊憩資源衝擊之監測，達到維護環境品質之目的（劉儒淵，1993）。

（二）土壤衝擊

步道沿線之土壤衝擊主要為遊客（或其所騎馬、驢等獸類）踐踏所造成的土壤物理性、化學性與生物性的改變，由於土表有機物質的破壞與土壤的緊壓化，導致包括土壤通氣、水分滲透速率、溫度、溼度、養分及土中生物等各種土壤的基本特質的改變，不利於地被植群的生育（金恆鏞，1989；劉儒淵，1990；Hammit & Cole, 1998）。包括

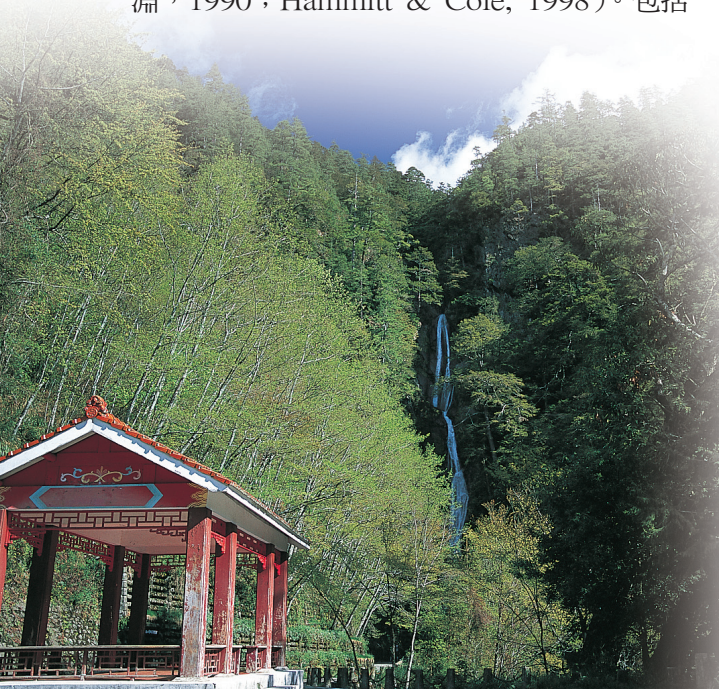
土壤硬度、土壤抗穿透強度、土壤容量、土壤沖蝕量等之變化均可用來作為評估土壤衝擊效應的指標（王相華，1988；林國銓等，1991；劉儒淵，1992，1995,2004；Hammit & Cole, 1998），其中又以土壤硬度及土壤沖蝕量兩項最常被採用。

1. 土壤硬度

土壤硬度的變化可以反應因土壤的緊壓化而引起的一系列連鎖的踐踏效應，許多調查研究結果均顯示其對地被植物生長有顯著之影響，也顯示與遊客使用頻度有關（郭岱宜，1999）。由土壤硬度增加率之多寡（與對照區之平均土壤硬度相較），可明顯反應出土壤受衝擊程度的大小（谷本丈夫、鈴木和次郎，1985；劉儒淵，1992）。

2. 土壤沖蝕量

步道沖蝕包含步道表面的侵蝕（incision）與土壤流失兩種現象，又稱為溝蝕（USDA, 1977），被認為是遊憩活動對土壤最嚴重且持久的衝擊型態（Marion, 1994；劉儒淵，1995；Deluca *et al.*, 1998；Leung & Marion, 1999）。步道沖蝕的情形一旦發生，勢將維持一段時日，不管是繼續或停止使用，無法如其他植群或土壤的衝擊效應，通常在停止遊憩使用一段時間後，就會有某些程度的回復（Hammit & Cole, 1998）。因此在進行步道衝擊研究或戶外遊憩區步道系統規劃設計與經營管理時，土壤沖蝕的防治應是最重要且不可忽視的課題之一。由美國生態學者Leonard R. E.與Whitney A. M. 兩人於1977年所提出之步道截面（trail tran-





sect) 重複測量法經常被應用來進行步道表面土壤沖蝕或沉積情形之調查與監測。

不論植群或土壤的變化，均可作為步道衝擊監測的對象，可由經營管理單位或研究者視環境條件或其他考量自行選定。而在設置樣區調查時，宜選擇不同遊客使用量之步道加以比較，才能分析衝擊程度與使用強度間之關係，因此必須蒐集各步道在淡旺季、假日與非假日之遊客人數及特性、活動種類與旅遊動向等之基本資料，調查研究的工作才能落實（劉儒淵與曾家琳，2003a）。

五、步道衝擊監測指標之選定

一般在從事遊憩衝擊之經營時，其所選定作為衝擊監測的指標因子必須符合1.可直接觀測、2.容易觀測、3.與經營目標有直接相關、及4.對使用情形具有相當的敏感性等四個條件（Graefe *et al.*, 1986；劉儒淵，1990）。而前述常被採用之各項植群與土壤衝擊調查介量，到底該選用何者作為衝擊監測指標最為簡易可行，又能充分反應出衝擊的程度，常令研究者或經營者難以取捨（劉儒淵，1993）。就調查觀測之實用性與所需之技術而言各有其優缺點，其中植群覆蓋度減少率（CR）因在野外調查時可以很容易地直接加以觀測，統計上也較為簡便，因此最常被選定供為操作LAC之指標因子。其缺點則是當植物的微生育地因遊憩衝擊而改變時，新的環境給較具再拓殖（recolonization）能力的植物生長的機會，而取代了原生的植物，致CR之調查結果可能無法充分反

應出衝擊的程度（劉儒淵，1993）。

而調查植相變異度（FD）之變化，不但須具備植物種類鑑識的能力，統計分析過程也較為繁複，此外不同的經營者及遊客對FD變化之認知差異性極大，難以達成一致的共識，如欲供為衝擊監測的指標因子，不若以植群覆蓋度之變化來得簡便和實用。但如果調查地區係屬於生態保護區，或以自然資源保育為主要經營管理目標時，其天然植群之變異無疑的應受到高度的關切，則FD之調查評估，當列為重要的考量因素之一（劉儒淵，1996）。

植群衝擊指數（IVI）為評估戶外遊憩區衝擊效應之客觀而實用之監測指標已如前述，唯在國內各生態旅遊地，遊客比較容易察覺的是步道沿線地被植物的消失與土壤裸露所造成的視覺衝擊，以及因步道表面泥濘或產生沖蝕溝致崎嶇難行所造成的不便，但是對植物種類的改變通常不會介意，甚至根本沒有察覺。此外，遊客主要的活動範圍之土地使用分區大多不屬於「生態保護區」，步道沿線植相變異度（FD）的增減對經營管理單位而言，並不若植群覆蓋度的改變來得重要，何況調查CR的操作技術甚為簡易，絕大部分的現場工作人員都能勝任。因此在進行森林步道遊憩衝擊調查或可接受改變限度（LAC）之測定時，單獨採用「植群覆蓋度」為指標因子，以CR之大小作為判別步道衝擊程度之指標應屬可行（劉儒淵等，2001）。

至於土壤硬度的變化，雖可應用儀器簡易地直接測量，但若調查樣區之表土流失或

地表為石礫地則無法進行量測比較，因此SHI較適合作為輔助性的步道衝擊評估指標（劉儒淵、曾家琳，2003b）。

六、森林步道環境監測實務

林務局所轄各國家森林遊樂區之自然生態與景觀資源極為豐富，各有其獨特及多樣性的特色，提供完善的遊憩環境與服務品質，為國人最喜愛的生態旅遊地點之一。森林遊樂事業之發展乃在強調以環境倫理為本質，提供環境教育、自然資源與人文史蹟保存，讓社區居民共享資源，以期達到森林生態系永續經營的終極目標（楊秋霖，2004）。

林務局為發揮各國家森林遊樂區之景觀資源特色，形塑各區的整體意象，系統性整建並維護區內的各項設施，減少環境衝擊，並提升遊憩品質，同時建立完善、便利的旅遊資訊管道，提高服務水平，自91年底率先配合行政院環保署推動之「二〇〇二生態旅遊年工作計畫」，研擬生態旅遊地環境監測機制，針對森林遊樂區之環境特性及遊憩活動常見之衝擊項目，訂定現場人員實際可操作之監測計畫，包含國家森林遊樂區之現況分析、監測項目及表格等，並辦理監測實務講習，務使監測工作得以落實（顏仁德，2004）。茲就該局兩年來建立國家森林遊樂區環境監測機制之過程，以及現場工作人員實際進行步道環境定期監測作業之成果與遭遇的問題等加以檢討（劉儒淵，2004b,c）。

（一）步道環境監測機制之建立

91年9月間由林務局森林育樂組研擬「林務局國家森林遊樂區步道衝擊監測作業要點」草案，訂定監測作業分工流程，初步建立森林步道衝環境測與督導機制，接著於10月初假東眼山國家森林遊樂區舉辦第一次業務講習與調查監測技術觀摩。依據該作業要點所定之調查監測項目與方法包括：

1. 步道基本資料之建立：針對各遊樂區內各主要步道及據點之現況進行調查，建立遊憩環境與設施資料庫。
2. 定期巡視與處理改善下列環境與設施狀況，依需要層級填報處理：
 - （1）環境狀況：積水、土壤沖蝕、形成沖蝕溝及出現步行捷徑等。
 - （2）設施狀況：步道鋪面（石板、枕木等）受損或鬆動、設施遭受破壞等。
 - （3）植群狀況：盜伐、倒木、樹根裸露、樹幹被剝皮或刻字等。
3. 步道衝擊樣區調查：包括步道坡度、邊坡坡度、步道寬度、植物覆蓋度、根系暴露程度及土壤硬度等項目。
4. 遊客人數與分布調查：分別在淡、旺季之假日與非假日各選定兩天（全年共計8次），同步調查記錄遊樂區內各主要步道各時段（原則上以一小時為單位）之使用遊客人數，並對照當日入園遊客人數，以了解遊客入園後之遊憩動向與分布。

（二）步道環境監測作業之執行

1. 完成各步道基本資料庫之建立：91年10月起林務局各林區管理處就其所轄國家森林遊樂區同步展開步道環境調查監測作業，



指派專人就所選定供監測之步道進行現況調查或測量，於91年底完成各步道基本資料庫之建立。

- 定期進行步道衝擊之樣區調查：91年10月起定期（每半年一次）針對所選定之步道，每間隔約100公尺設置一個對照樣區組，分別調查步道鋪面（或預設寬度）邊緣2公尺範圍內兩個 $1 \times 1\text{m}^2$ 調查小區，以及外側4~5公尺之對照區的地被植群覆蓋度與土壤硬度，統計分析各步道之植群覆蓋度減少率（CR）與土壤硬度增加率（SHI）等兩項供為評估森林步道環境衝擊之指標。93年3月24~25日再次舉辦環境監測實務講習，除邀請專家學者作相關議題之專題演講外，主要針對各國家森林遊樂區步道衝擊樣區調查所遭遇之問題以及調查資料之統計分析結果進行報告與檢討，並據以修正監測作業要點，及供後續作業改進之參考。截至93年12月止共有16個國家森林遊樂區57條步道持續進行定期衝擊調查監測工作（如表1）。

（三）步道衝擊監測成果檢討

以下就筆者參與林務局步道環境監測計畫，從現場調查技術指導時所發現，以及講習檢討會上學員所提出的問題加以彙整，提出若干個人看法或建議事項，供林務局或相關單位與專家學者在從事生態旅遊地環境監測相關研究與實務上之參考。

- 森林遊樂區內各步道基本資料庫之建立，以及步道狀況之定期巡視與記錄，有助於區內遊憩環境與設施之維護管理，以及遊

表1 林務局各國家森林遊樂區步道環境監測資料彙整表

林區	遊樂區	監測步道數
羅東	太平山	8
新竹	滿月園	3
	東眼山	3
	內洞	1
東勢	八仙山	5
	合歡山	1
	大雪山	1
南投	奧萬大	5
嘉義	阿里山	4
屏東	藤枝	5
	雙流	3
	墾丁	8
花蓮	富源	4
	池南	2
台東	向陽	1
	知本	3
合計	16	57

憩服務品質與機關形象之提升。

- 參與調查監測作業之員工可藉由講習、研討及實際的現場操作，增進其對遊憩生態學、自然保育與遊憩資源管理等之學理知識，以及步道環境監測之技術與經驗。
- 由目前選定供為步道衝擊監測的兩項指標因子—植群覆蓋度減少率（CR）與土壤硬度增加率（SHI）之樣區調查過程，以及調查資料初步統計分析結果顯示，其調查技術及統計方法簡易，經過初步講習訓練的員工都可勝任，初步調查監測結果也能

具體反應出步道沿線之環境變化與衝擊情況。而植相變異度 (FD) 之調查，現場同仁在實際操作上有其困難，因此自92年第2季起取銷此一衝擊介量之調查。

4. 主辦及調查人員更換：少數森林遊樂區因主辦或負責步道環境監測業務的人員更動，有些接替人員對監測方法不熟悉，致發生監測作業中斷、資料不全或錯誤的情形，殊為可惜。

5. 幾個調查監測作業與技術上的問題：

(1) 步道的選定：由表1可看出各森林遊樂區所選定供為環境監測的步道數量不一，步道類型也不相同，少數為木板鋪面且挑高之棧道，因遊客很少離開棧道，兩側之衝擊型態主要為地被植物種類的消長，無法由CR與SHI之調查顯示出來。

(2) 樣區數量：各步道原則上應每隔約100公尺設置一個調查樣區組，但有些步道全線只設置一個樣區組，調查結果當然不具代表性。而若干遊樂區之森林步道因距離較長，設置的調查樣區數較多，且在同一位置左右兩側皆設樣區，如此雖可較精確的顯示步道衝擊程度，惟增加不少調查人力，建議在不影響調查監測結果之前提下路程較長的步道可適度減少樣區數量。

(3) 樣區位置：若干步道樣區設置時因拘泥於監測作業要點100公尺間隔的規定，常發生樣區組位置恰在崩塌

地、懸崖或溪畔，無法設置調查小區（尤其是步道外側未受干擾的對照小區），致調查資料不全，無法統計分析的情形。監測作業要點雖規定各步道每間隔100公尺設置一個調查樣區組，但非屬固定樣區的設置方式，調查人員可視步道週邊環境狀況調整樣區組之位置。

(4) 衝擊影響範圍：92年度多數的步道均調查步道邊緣3公尺範圍內的三個調查小區，經資料彙整統計分析後發現C小區（步道外側2~3公尺）之衝擊程度均甚低，可比照國內外步道衝擊影響範圍之連續梯度樣區調查研究結果，僅調查步道邊2公尺範圍內之A、B兩小區即可。

(5) 樣區組的設置：步道如為石板、枕木或其他材質的鋪面，則由鋪面邊緣向外測設置兩個 $1 \times 1\text{m}^2$ 之調查小區（即A、B小區），一般都沒有問題。但如果步道是原來的泥土路面，有些調查人員將調查小區設置在現有已擴張寬度的步道邊緣，以致調查統計出來的CR或SHI值偏低。另有少數將調查小區由步道中心線向外設置，其結果則是衝擊程度偏高。這兩種都不是正確的樣區設置方式，調查者應先確認該步道原始設計開闢的寬度（或管理單位希望維持的寬度，此一寬度內之踐踏衝擊效應是管理單位預期而且可



以接受的)，調查小區由中心線向外至該預設寬度的1/2處開始設置，例如預設寬度為120cm，則A小區由中心線外60cm處開始設置，如此方能正確評估其踐踏衝擊程度。

- (6) 土壤硬度的測計問題：調查樣區土壤硬度的變化是以山中式土壤硬度計（Yamanaka's soil hardness tester）直接測量各小區4個測點之土壤硬度，可由硬度計上之刻度直接判讀，然後計算其平均值，甚為簡便，惟量測時需將土表的枯枝落葉或腐植層移除方能得到正確測值。部分調查人員常直接將地被植物與枯枝落葉層一併量測，而產生土壤硬度數據誤謬的情形，所幸經指正與說明後均已見改進。而若干調查小區之表土流失或為礫石地時，無法測量其土壤硬度，則可移動樣區組位置或略去該樣區之調查。

七、結語

探討步道遊憩衝擊的本質與影響，研提適於供為評估步道衝擊程度之綜合性指標，以及衝擊防治策略、監測方法之擬定等，為推展生態旅遊，及從事生態系經營與保育研究上極為重要的課題。林務局所轄各國家森林遊樂區為台灣最重要的生態旅遊地區之一，在推展國家步道系統的規劃與執行過程中，森林遊樂區內步道沿線遊憩環境衝擊的調查監測作業扮演著極為重要的角色。

各國家森林遊樂區內步道基本資料庫之建立，以及步道狀況之定期巡視與記錄，有助於區內遊憩環境與設施之維護管理，以及遊憩服務品質與機關形象之提昇。而參與調查監測作業之員工可藉由講習、研討及實際的現場操作，增進其對遊憩生態學、自然保育與遊憩資源管理等之學理知識，以及步道環境監測之技術與經驗。

兩年來各國家森林遊樂區均已執行4~5次的步道環境調查監測作業，雖然尚有若干監測業務與技術上的問題，如主辦及調查人員更換、步道的選定、樣區設置的位置與數量等有待改進，但由目前選定供為步道衝擊監測的兩項指標因子—植群覆蓋度減少率（CR）與土壤硬度增加率（SHI）之樣區調查過程，以及調查資料初步統計分析結果顯示，其調查技術及統計方法簡易，經過初步講習訓練的員工都可勝任，初步調查監測結果也能具體反應出步道沿線之環境變化與衝擊情況。▲

參考文獻（請逕洽作者）

