

# 從遊憩衝擊觀點探討登山步道之規劃設計 —以玉山國家公園塔塔加步道為例

劉儒淵\* 曾家琳\*\* 沈介文\*\*

\*台灣發展研究院生態暨資源保育研究所研究員，通訊作者

\*\*國立台灣大學實驗林管理處

(收件日期：93 年 4 月 23 日；接受日期：93 年 6 月 30 日)

## 摘要

步道系統的規劃設置，提供遊客欣賞自然與遊憩的空間，為各生態旅遊地極為重要的遊憩設施之一，唯步道沿線之環境每因遊憩使用而造成各種不同型態與程度的衝擊，導致步道惡化的現象，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。步道沿線環境狀況的長期調查監測，可以反應出步道規劃設計的良窳、人為干擾的程度，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，且能掌握何處、何時需要施行哪些經營措施，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。本文除探討步道衝擊之調查方法與監測技術外，並以玉山國家公園塔塔加步道之植群與土壤衝擊效應之調查監測結果為例，檢討該步道之本體及附屬設施在規劃設計上之缺失，提出改善與防治衝擊的建議事項，作為生態旅遊地步道衝擊相關研究與經營管理實務上之參考。

關鍵詞：生態旅遊、步道衝擊、衝擊監測、步道設計

## 一、前言

建構國家步道系統為目前政府積極推展生態旅遊，邁向綠色矽島目標的重要施政項目之一，因為步道系統的規劃設置，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，2003)。

步道提供遊憩使用後，常因遊客的踐踏、破壞行為(depreciative behavior)或其他因素，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, 1999b；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、人爲因子干擾(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，爲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，了解各遊憩據點即步道之狀況，辦理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、步道衝擊之相關用詞

有關步道因遊憩使用或其它原因所造成的衝擊的用語，目前並沒有明確的定義，而常以各種不同的名詞出現，例如步道衝擊(trail impact)、步道沖蝕、步道耗損(trail wear)、步道劣化(trail degradation)以及步道惡化等。Leung & Marion(1996)曾根據各名詞所包含的步道問題加以彙整分類如表 1 所示。

步道衝擊是使用最廣的名詞，它包含了物理的(physical)、生態的(ecological)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爲。其它名詞則是反映出特定的步道問題：步道惡化包含了步道分生和植群衝擊的評估；步道劣化則更局限在步道表面受使用的影響，探討土壤密實、步道加寬、步道侵蝕以及土壤流失等最重要的步道問題；而步道沖蝕則是最狹隘的名詞，特別指出是對步道侵蝕(trail incision)及土壤流失的評估(Leung & Marion, 1999a)。

表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 trail deterioration	步道劣化 trail degradation	步道沖蝕 trail erosion
破壞行爲	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)

### 三、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。

大部份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良蹊，造成路面加寬及擴大衝擊面積。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，經營的目標在使步道發揮其功能，儘可能讓遊客留在步道鋪面上，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，而其外側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，常修築石板或水泥鋪面，亦有將鋪面作成階梯狀者，此種鋪面雖顯得不太自然，然多數遊客易於行走，也能將活動範圍局限於鋪面，而避免兩側坡面之土壤或植群遭受大規模的破壞。

步道兩側可視為殃及區(intersite zone)，也有土壤緊壓化與沖蝕情形，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致，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。就生態旅遊地之類型及經營目標而言，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，對生態旅遊地之遊憩品質不但沒有損害，反而有益，因微生育地之改變，導至物種歧異度(species diversity)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性的改變(蘇鴻傑，1987；劉儒淵，1989)。

### 四、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的衝擊預作評估，供為遊憩服務設施、活動地點及路線、利用型態、承載量等之決策參考。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(after-the-fact analysis)；2.對改變現象作長期監測(monitored change through time)及 3.模擬試驗(simulation experiment)(Cole,

1979；蘇鴻傑，1987；劉儒淵，1989；林秀娟，1996)。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，並施行各項防治措施，可採用「既成事實之分析」方法進行調查研究。唯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

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(replicable measurements)、大尺度取樣的快速調查(rapid survey samples)，以及完整的審視步道狀況之普查技術(census techniques)等(Hammitt & Cole, 1998；Leung & Marion, 1999a)，茲分別略述如下：

1. 重複測量：以系統或逢機取樣設置若干永久樣點，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(Leonard & Whitney, 1977；Cole, 1983；Summer, 1980；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。調查的項目包括步道寬度、路面凹陷深度、植被覆蓋度，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點，調查工作較為省事。
3. 普查技術：另一種步道監測技術則是針對整個步道系統進行普查。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標準。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, 1999a)。

此外在某些情況下，航空攝影(aerial photography)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。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)。

## 五、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，並選定適當的介量(parameter)作為調查監測的指標(indicator)。Graefe *et al.*(1986)指出，良好的憩衝監測指標必須符合 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, 1989)。唯根據國內外之研究結果顯示, 遊憩活動對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, 也最容易造成遊客之視覺衝擊, 而為經營者所重視(Saunders & Shew, 1986; Cole, 1987; 陳昭明等, 1989; 劉儒淵, 1996)。Graefe *et al.*(1986) 及蘇鴻傑(1987)等人更指出, 植群對遊憩衝擊具有較高之敏感度, 且易於觀測, 最常被選為步道衝擊監測之指標, 在經營決策或遊憩承載量之決定上, 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; Bhujji & Ohsawa, 1998)。

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(amount of vegetation)、植群組成(vegetation composition)及植物的情況(plant condition)等三類, 而且要瞭解這幾個介量所需植群生態學的知識遠比土壤或其他因子簡單, 因此植群衝擊之研究在整個遊憩生態學的領域裡佔有非常重要的地位(Hammitt & Cole, 1998)。

步道沿線的土壤沖蝕, 包含步道表面的侵蝕與土壤流失兩種現象, 又稱為溝蝕(gully erosion)(USDA, 1977), 被認為是遊憩活動對土壤最嚴重且持久的衝擊型態(Deluca *et al.*, 1998; Leung & Marion, 1999a; 劉儒淵, 1995)。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(Hammitt & 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的課題之一。由美國生態學者 Leonard & Whitney (1977)所提出之步道截面(trail transect)重複測量法經常被用來進行步道表面土壤沖蝕或沉積情形之調查與監測。

不論選用植群的變化或土壤沖蝕量作為步道衝擊調查監測之指標因子, 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, 2003)。

## 六、塔塔加步道遊憩衝擊之調查監測

塔塔加地區為玉山國家公園範圍內最主要的遊憩區, 自 1991 年新中橫公路闢建完成並解除入山管制後, 遊客人數遽增, 造成各項自然資源嚴重衝擊。根據筆者以往之調查研究結果顯示, 遊客的踐踏導致塔塔加遊憩區各步道沿線及景觀眺望據點之土壤及地被植群在質與量方面產生程度不一的改變, 其中尤以遊客中心前之塔塔加步道沿線所呈現之踐踏衝擊效應最為顯著, 由於遊客的密集使用, 原有路面上之地被植物被剔除, 以致表土裸露、凹陷, 遇雨輒積水而泥濘難行, 有些路段更因表土遭沖刷流失, 形成沖蝕溝, 遊客被迫繞道而行, 或在原步道旁另闢小徑通過, 形成數條平行小徑, 致步道的總寬度擴張了許多。此一登山步道在 1991-1994 短短三、四年內從寬度僅約 0.5 m 的羊腸小徑, 變成寬達 3~6 m 的賞景步道, 踐踏衝擊程度已達極為嚴重之地步(劉儒淵, 1995)。

管理單位雖在 1994~1995 年間將主線施設寬度 1.2m 之石板或枕木鋪面後，其土壤沖蝕量已顯著減少，但由於其步道前半段之鋪面規劃設計不當，兩側形成很大的沖蝕溝，反而對沿線土壤、植群及視覺景觀造成更嚴重之衝擊。而附近未加鋪面，寬度達 3~4 m 的平行小徑，雖然遊客使用量已減少，但植群衝擊與土壤沖蝕的情形並未見改善(劉儒淵，1997)。1996~1997 年間管理單位復於步道兩側之沖蝕溝以盛有土石之麻布袋加以填補，惟經過 2 年之風化及遊客踐踏後，其麻布袋破損而土壤也再度被逕流水所沖失，留下嶙峋的石塊堆置於沖蝕溝中，步道劣化情形一直無法改善。

本研究採用「暨成事實之分析」方法，設置樣區，自 1991 年起定期就遊客踐踏對塔塔加步道兩側之植群與土壤所造成衝擊效應進行調查監測，包括覆蓋度減少率(cover reduction, CR)、植相變異度(floristic dissimilarity, FD)與指標植物—玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)之高度降低率(height reduction, HR)等植群衝擊效應，並統計由前述三者所合成之植群衝擊指數(Index of Vegetation Impact, IVI)。土壤衝擊效應則包括步道兩側之土壤硬度增加率(soil hardness increase, SHI)，以及應用步道截面(trail transect)重複測量法，來進行步道表面土壤沖蝕或沉積情形之調查監測。並運用 Pearson 相關性係數檢定法，以 SPSS for Windows 套裝軟體統計各步道所有植群與土壤衝擊效應之調查介量兩兩間之相關情形，探討各種步道劣化效應與其環境因子之關係，歷經 12 年前後 5 次之調查監測結果如表 2 所示。

表 2 塔塔加步道各調查年度之植群及土壤衝擊效應

調查 年度	CR (%)			FD (%)			HR (%)			SHI (%)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1991	70.4	52.0	33.8	78.8	65.8	40.8	87.0	67.0	43.4	81.9	49.6	28.3
1994	82.2	52.8	40.7	92.6	81.3	52.2	80.4	68.6	55.3	92.8	82.5	52.7
1996	75.7	44.4	22.8	82.6	63.4	54.4	70.6	47.2	28.0	59.1	43.8	21.9
1999	67.5	45.4	26.8	81.2	61.9	45.0	75.8	53.4	36.7	102.9	77.0	36.6
2003	72.1	42.8	23.5	83.3	66.4	46.3	71.5	51.7	33.8	97.4	72.5	43.8

註：1. A、B、C 分別為鋪面邊緣 0~1，1~2 及 2~3 m 之調查小區。

2. 資料來源：劉儒淵(1992, 1997, 1999, 2003)。

### (一)植群與土壤衝擊效應

最近一次(2003 年 7~8 月間)調查分析結果顯示，步道鋪面兩側之植群覆蓋度減少率(CR)由 A 至 C 小區有明顯之變化，其平均 CR 值分別為 72.1、42.8 及 23.5%，可見土壤裸露及沖蝕情形主要集中在步道邊緣 1~2 m 範圍，2 m 以外之 B 及 C 小區土壤裸露情形已漸趨緩和。前述部份土壤沖蝕情形嚴重的路段，若干 A 小區之 CR 值甚至達 100%，不但地被植物及表土完全消失，步道鋪面邊緣更凹陷為深 30~80 cm 之沖蝕溝。

此外原來生育的植物種類和數量也產生了明顯的變化，步道沿線原來之植被為以玉山箭竹及高山芒為主要優勢種之高山草原，藉由地下走出莖(stolon)之蔓延

擴張，玉山箭竹生育得非常密集，伴生的地被草本植物較常見的有曲芒髮草(*Deschampsia flexuosa*)、玉山針蘭(*Baeothryon subcapitatum*)、台灣藜蘆(*Veratrum formosanum*)、台灣粉條兒菜(*Aletris formosana*)、玉山石竹(*Dianthus pygmaeus*)、玉山沙參(*Adenophora morrisonensis*)、一支黃花(*Solidago virgaurea*)、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*)、玉山龍膽(*G. scabrida*)、巒大當藥(*Swertia randaiensis*)、台灣百合(*Lilium formosanum*)等。調查發現有些植物因不耐踐踏而枯死、消失，或出現之頻度及數量銳減，但也增加了不少生長點較低而較耐踐踏或能適應之植物，如巒大蕨(*Pteridium revolutum*)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*)、車前草(*Plantago asiatica*)、白頂早熟禾(*Poa acroleuca*)、油苔(*Carex satsumensis*)、虎杖(*Polygonum cuspidatum*)、阿里山薊(*Cirsium arisanense*)、台灣澤蘭(*Eupatorium formosanum*)等，A 至 C 小區之平均植相變異度(FD)分別為 83.3，66.4 及 46.3%。而沿線各種植物的高度也有明顯下降的趨勢，其中玉山箭竹之平均高度由原來約 44 cm，遽降至 15~32 cm，其平均降幅(HR)由 A 至 C 小區分別為 71.5，51.7 及 33.8%。

步道附近未遭受踐踏之對照區草生地，其平均土壤硬度約 14 mm，而步道兩側經過遊客踐踏後，各調查小區之平均土壤硬度增加了 4~13 mm，A 至 C 小區之 SHI 分別為 97.4、72.5 及 43.8%。

另由前述 CR、FD 及 HR 等 3 項調查介量所合成的「植群衝擊指數」(IVI)評估結果(表 3)顯示，塔塔加步道沿線之踐踏衝擊效應，由 A 至 C 小區，其衝擊程度逐漸減少，且呈一致的變化趨勢。衝擊程度以 1994 年最為嚴重，經鋪面施設石板或枕木並將沖蝕溝客土整治後，衝擊程度略有改善，唯步道邊 1 m 範圍內(A 小區)之衝擊程度卻一直維持在極為嚴重的第 IV 級；而 B、C 小區之衝擊程度分別由第 III 與 II 級降為第 II 與 I 級，近年來少有變化。

表 3 塔塔加步道各調查年度之植群衝擊指數(IVI)及分級

調查 年度	A		B		C	
	IVI (%)	衝擊程 度分級	IVI (%)	衝擊程 度分級	IVI (%)	衝擊程 度分級
1991	76.2	IV	59.6	II~III	36.6	I
1994	85.1	IV	67.6	III	49.4	II
1996	76.3	IV	51.7	II	35.1	I
1999	74.8	IV	53.6	II	36.2	I
2003	75.6	IV	53.6	II	34.5	I

註：1. A、B、C 分別為鋪面邊緣 0~1，1~2 及 2~3 m 之調查小區。

2. 衝擊程度 I 表示輕微，II 表示中等，III 表示嚴重，IV 表示極為嚴重。

3. 資料來源：劉儒淵(1992, 1997, 1999, 2003)。

## (二)土壤沖蝕量之調查監測

以步道土壤沖蝕量為指標，採用步道截面重複測量方法，由設置在塔塔加步道上的固定截面樣區(如圖 1)，在 1996~1999 三年間三次定期測量與記錄各步道截面之寬度、凹陷深度，及計算其橫斷面積之變化等資料，圖 2 為其第 2 樣區同

一截面三次調查所得資料所繪製之橫斷剖面圖，可以看出其寬度擴張與表土凹陷(或沉積)之變化情形。統計各步道截面之平均沖蝕量及累計沖蝕量，並與 1991～1994 年間之調查資料相互對照，其結果經彙整列如表 4 (劉儒淵，2000)。由前述圖表可以明顯看出塔塔加步道在不同調查時期遭受遊憩踐踏衝擊後所產生的土壤沖蝕效應與程度。

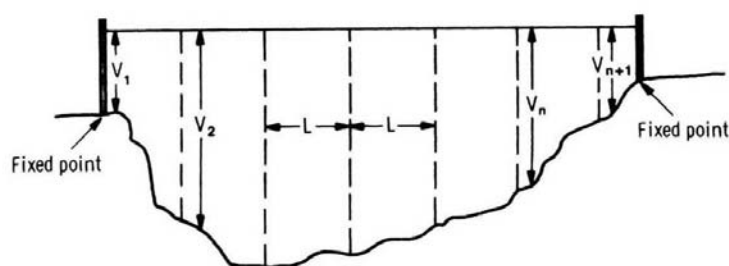


圖 1 步道截面設計示意圖 (仿 Cole, 1983)

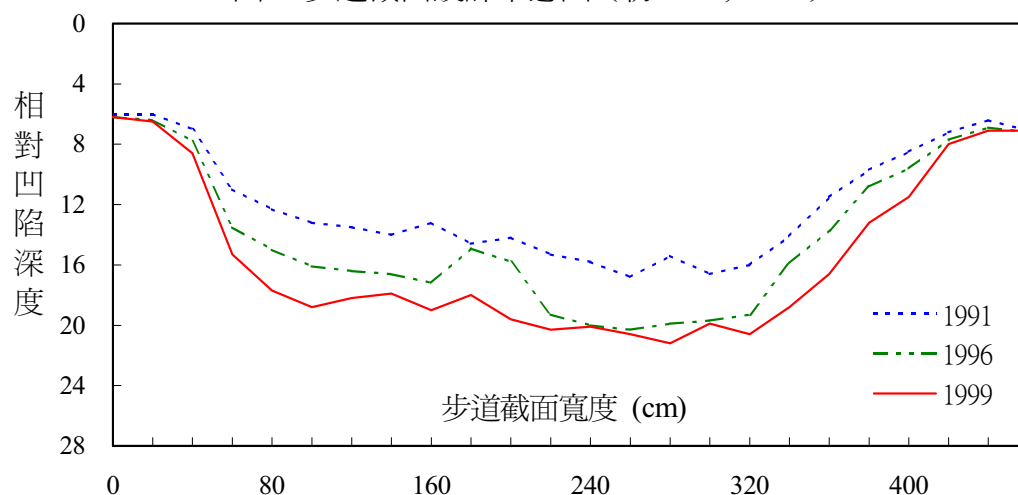


圖 2 塔塔加步道第 2 截面樣區不同年度之剖面變化 (劉儒淵，2000)

表 4. 塔塔加步道各年度之土壤沖蝕量統計表

調查年度	平均寬度 (cm)	年平均寬度 擴張率(%)	年平均凹陷 深度(cm)	平均斷面積 (cm <sup>2</sup> )	年平均 沖蝕量 (cm <sup>3</sup> /cm)	每單位寬度 (cm)之沖蝕量 (cm <sup>3</sup> /cm)
1993.07	376.0	—	—	5,630.5	—	—
1994.07	389.5	3.59	1.60	6,378.0	747.5	1.92
1993-1994	+13.5 (3.59%)	3.59	1.60	+747.5 (13.3%)	747.5	1.92
1996.07	391.5	0.26	1.05	6,771.4	196.7	0.53
1998.06	395.0	0.45	0.40	7,165.0	196.8	0.49
1999.07	401.5	1.65	0.63	7,421.0	256.0	0.64
1996-1999	+10.0 (2.55 %)	0.87	0.48	+649.6 (9.6 %)	216.5	0.55

資料來源：劉儒淵(1995, 2000)

塔塔加步道(未施設鋪面之分生步道)由於承受的遊客踐踏壓力極大，其步道截面三年來之年土壤沖蝕量達  $216.5 \text{ cm}^3/\text{cm}$ ，步道寬度擴張率 2.6%，如換算為單位寬度(cm)之沖蝕量則為  $0.55 \text{ cm}^3/\text{cm}$ ，沖蝕程度甚為嚴重。

### (三)步道惡化與植群衝擊效應之相關性分析

對照表 3 及表 4 可以看出，分別藉由兩種評估步道衝擊效應之介量調查所得的衝擊程度與變化趨勢頗為一致。經以 Pearson 相關性檢定法分析塔塔加地區各步道歷年之步道惡化效應因子與植群衝擊效應調查介量間之相關性，其結果如表 5 所示(劉儒淵，2000)。由該表可看出步道截面的平均寬度與年平均沖蝕量與各項植群衝擊效應的調查介量間均具有顯著相關，且達 0.01% 的顯著水準；另步道寬度的年平均擴張率也與各植群衝擊調查介量間具有顯著之相關。而年平均凹陷深度與單位寬度沖蝕量則與各植群衝擊效應調查介量間幾乎不具相關。此等分析結果可由以下的推論加以解釋，即遊客使用量越大，步道的寬度及其擴張率將隨之增加，步道兩側的植群衝擊程度愈為嚴重，土壤流失量(年平均沖蝕量)亦相對的增加；而截面單位寬度的沖蝕量之多寡則隨步道截面相對的凹陷深度而異，主要受步道截面的環境因子，如坡度、坡長及土壤質地等所影響，而與遊客使用量的多寡較不相關，致與各項植群衝擊效應之調查介量不具相關性。

表 5 塔塔加步道之惡化與植群衝擊效應之相關性分析結果 (n=36)

植群衝擊效應	土壤硬度 增加率	步 道 惡 化 效 應				
		平均寬度	年平均寬 度擴張率	年平均 凹陷深度	年平均 沖蝕量	每單位寬 度沖蝕量
覆蓋度減少率(CR)	0.686**	0.951**	0.756**	0.513	0.780**	0.306
植相變異度(FD)	0.658**	0.875**	0.700**	0.451	0.729**	0.263
高度降低率(HR)	0.547**	0.934**	0.703**	0.392	0.732**	0.266
植群衝擊指數(IVI)	0.690**	0.957**	0.749**	0.472	0.777**	0.292

註：1.顯著水準\*\*表  $p < 0.01$ ，p 為機率值(Pro-value)。 2.資料來源：劉儒淵(2000)

## 七、影響步道衝擊效應因素之探討

陳立禎與簡益章(1988)指出，資源差異性、遊客行為、規劃建設及經營管理等 4 項為影響遊憩衝擊效應之主要因子(或謂衝擊影響源)，而各因子間的關係也非常複雜，其關係如圖 3 所示。一般在進行步道衝擊調查監測所得之植群及土壤變化資料，係各因子綜合作用下之衝擊結果，其衝擊程度的大小，並不能完全取決於單一之因子(劉儒淵，1997)。

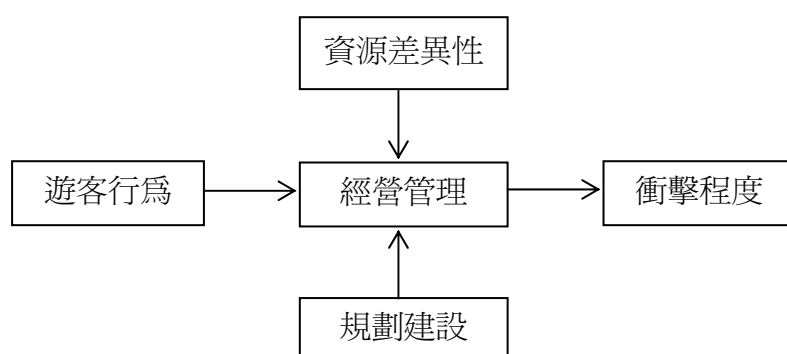


圖 3 遊憩衝擊影響源之相互關係圖 (仿陳立禎與簡益章，1988)

Leung & Marion(1996)在彙整及探討步道劣化之環境影響因子的相關研究中指出，在原野地區內大部分的道路如伐木林道、防火線、越野或狩獵之步道等，其原設計目的主要是提供服務而非遊憩使用，路線的選擇常是兩據點間最近的距離，缺乏對環境因子相關的認知，因此很少考慮到資源保育的目標。然當這些道路不再提供其原特定目的，而轉為遊憩使用時，經營者常忽略步道真正的問題，很少採行禁止使用或加強步道維護等措施，也沒有考慮使用者、有效性和花費。

而此種現象也同樣發生在塔塔加步道上，該步道原是通往台大實驗林設置在本區的高山造林試驗地之小徑，當初步道之路線、坡度、寬度等之規劃並無考量到提供遊憩使用。其後因遊憩壓力日趨嚴重，該步道變成塔塔加地區遊客使用密度最高的賞景與登山健行步道，踐踏衝擊效應已到了極為嚴重的地步，經營管理單位(玉山國家公園管理處)才著手辦理步道整治與沿線衝擊區之復舊工作。

一般而言，步道設置的目的，除了方便遊客行走外，如何使遊客不離開步道鋪面，防止衝擊的擴大乃是規劃與經營管理上最重要的目標，因此在動線安排上遊客的需求也是考慮的重點之一。然而目前的塔塔加步道並未在完善的考量下加以規劃改善，筆直的步道無法滿足遊客對欣賞沿線美好景觀的需求，因此幾處展望較佳的山稜平頂附近，遊客另闢小徑而造成衝擊範圍的擴大的情形就無法避免；其次 1.2 m 的鋪面寬度實不足以容納密集的遊客使用。此外步道鋪面使用石板或枕木為材料，採用直接貼在地面上而非挑高的棧橋施工方式，阻斷了坡面地表逕流水，在許多路段因排水不良，形成非常嚴重的沖蝕溝。以下就塔塔加步道沿線主要之遊憩衝擊型態，包括土壤沖蝕、分生步道、大片面狀表土裸露、積水等，分項針對其形成的原因(尤其是屬於規劃設計方面)進行探討。

### (一)土壤沖蝕

前述遊憩衝擊之樣區調查結果顯示，塔塔加步道前段沖蝕的情形極為嚴重，部分路段之沖蝕寬度達 190 cm，深度達 70 cm，其它較輕微的也有深 10 cm，寬 20-30 cm 的沖蝕情形，而在該步道後段部份則只有植物覆蓋消失，尚未發生嚴重的沖蝕情形。對照筆者在該步道尚未施設人工鋪面前之調查結果(劉儒淵，1992, 1995)，由圖 4 可大致瞭解其演變過程及主要的影響因子：

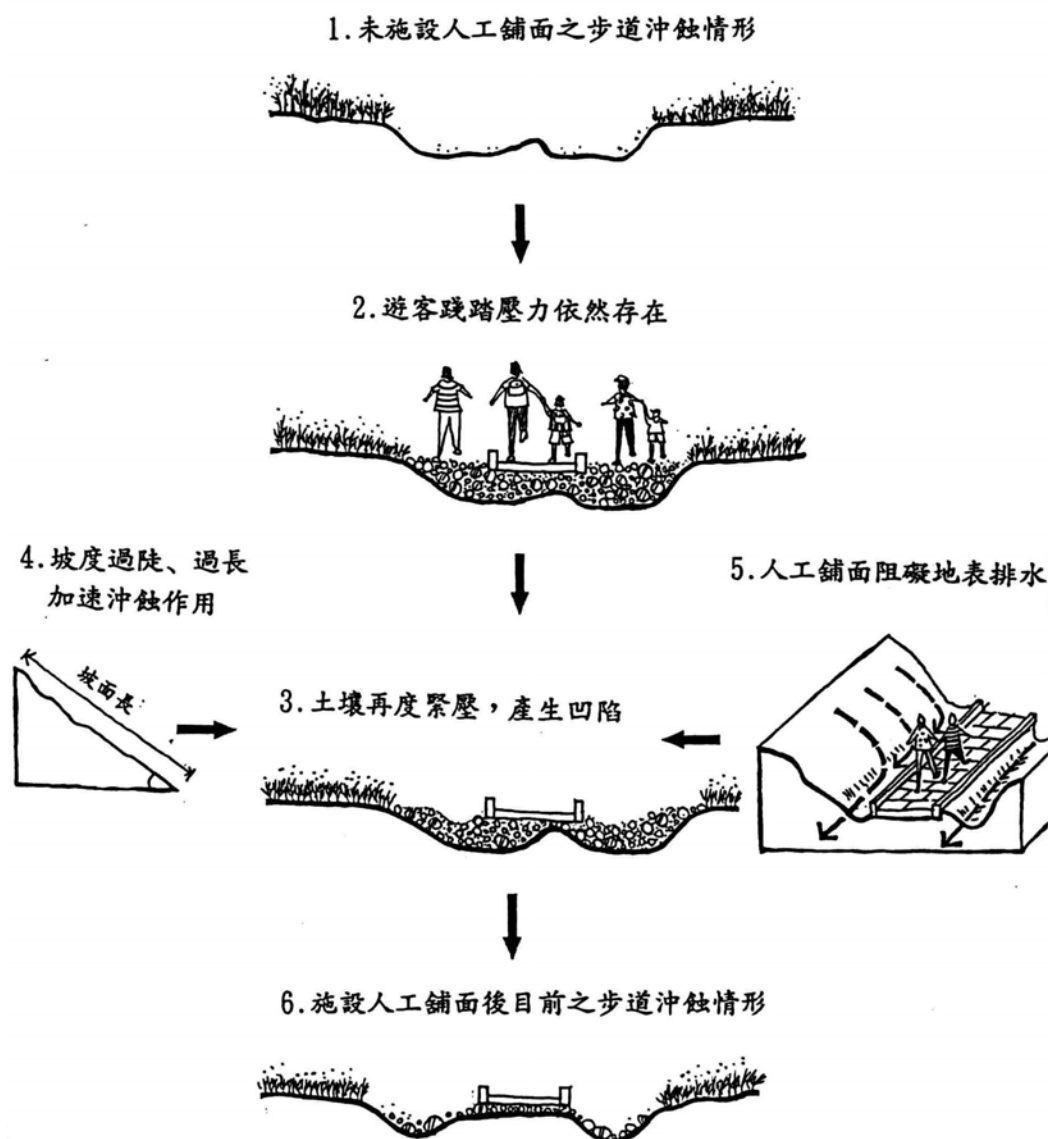


圖 4. 塔塔加步道前段土壤沖蝕演變過程示意圖（劉儒淵，1995）

1. 步道兩側之沖蝕溝雖經客土復舊，但對沖蝕之抵抗力較原來之土壤為低  
塔塔加步道自新中橫通車後，遊客人數遽增，未施設人工鋪面的步道因為遊客密集的踐踏，寬度擴張至 3-5 m 之間，路面凹陷深度達 20 cm，（劉儒淵 1995）。玉山國家公園管理處於民國 81 年底至 82 年初，將步道全線（不包括分生步道）鋪上一條寬 1.2 m 之石板或枕木鋪面，以方便遊客行走。但 1.2 m 的步道鋪面只能強化步道中央部份，而鋪面兩側之衝擊區雖經客土復舊，但其土質較原來的土壤疏鬆，且無植被覆蓋，因此抵抗沖蝕之能力較低，當雨季來臨時，易產生沖蝕導致土壤之流失。
2. 遊客踐踏壓力仍然存在，鋪面兩側土壤再度遭受踐踏衝擊而凹陷  
該步道為塔塔加地區遊客使用率最高的大眾化登山健行步道，其假日之遊客量均在每天 2,000 人次以上。步道全線雖已施設石板或枕木鋪面，但因

其為寬度僅 1.2 m 之單一步道，並不能滿足遊客之需求，且大多數遊客走到中途觀景平台處便開始折返，所以步道前段在假日時，經常有搭乘遊覽車之團體，動輒超過二、三百人之大批遊客在短時間內同時走進這條步道，彼此來回交錯，一來一往的遊客無法同時走在 1.2 m 的步道上，而必須有人離開步道行走以維持順暢。因此雖有人工鋪面的施設，卻無法完全保護兩側前曾受破壞，剛經過客土復舊的脆弱土壤，導致人工鋪面兩側之土壤再次承受遊客嚴重的踐踏衝擊，地被植群無法生長，土壤沖蝕情形持續惡化下去。

### 3. 完成施設的人工鋪面，阻礙地表排水

筆者先前的調查研究報告及曾指出，該步道尚未施設人工鋪面前，因為遊客的踐踏，造成步道表土裸露、凹陷，阻礙了地面逕流水的自然流向，轉而順著凹陷的步道沖刷，形成嚴重的沖蝕溝(劉儒淵，1992)。然而自施設人工鋪面後，雖不見步道中央部份受到沖刷，鋪面兩側土壤的沖蝕現象卻日趨嚴重。由圖 4 的沖蝕演變示意圖可明顯看出，人工鋪面與兩側地形之間的落差，呈一溝狀的凹陷，阻礙了地面逕流水的自然流向，且此一凹陷也同時使地面逕流水無法排入已強化的人工鋪面上，轉而順著人工鋪面旁之凹陷部份沖刷，造成現在嚴重的沖蝕現象。

### 4. 步道坡度過大，坡面過長，加速了沖蝕的作用

環境因子與衝擊效應關係之相關性分析結果(彭育琦，1997)顯示，塔塔加步道鋪面兩側沖蝕溝之寬度與深度，與步道之坡度具有正相關，且達 0.01 %之顯著水準，而與邊坡坡度、土壤硬度及鋪面型式等則不具相關。換言之，步道的坡度越大，兩側沖蝕溝之寬度與深度也越大。由於塔塔加步道前段鋪面的坡度大多在 30-40°之間，如此陡的坡度勢將更為加速沖蝕溝內之土壤沖蝕作用。

除了步道坡度甚大的影響外，步道前段長達 400 m 之筆直坡長，加速了逕流水的沖蝕力，無疑的也是兩側土壤嚴重沖蝕的幫兇。此點可由萬用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation, USLE)得到證實，即坡長因子與土壤的流失呈正相關，亦即坡長越長，其土壤的流失量也越高(鍾弘遠，1992)。

### 5. 缺乏上層喬木的遮蔽

塔塔加步道前段的植群以大面積的玉山箭竹為主，步道沿線上層少有喬木生長，因此下雨時，雨水滴落直接沖擊地表，使其受雨水沖擊的程度較步道後段(大部分有上層喬木遮蔽)為高，因而增加該路段沖蝕效應的沖蝕力，加速土壤的流失。

## (二)分生步道(平行小徑)

施設人工步道前，塔塔加步道沿線因沖蝕情形嚴重，遇雨則泥濘難行，以致遊客另闢路徑，形成數條與原步道平行之分生步道(劉儒淵，1992)。而在施設人工鋪面後，經觀察除部份好奇之遊客外，已少有遊客再行走於分生步道上，而遺留下來的分生步道目前有兩種情況：

#### 1. 位於較平坦地區之分生步道，因遊客踐踏的壓力減少許多，步道上之植被覆

蓋慢慢回復，土壤硬度也降低了。

2. 而位於邊坡較陡處的分生步道，因原來踐踏衝擊的程度較高，已無植被覆蓋，並出現土壤流失、步道凹陷的情形。步道主線人工鋪面完成後，分生步道雖已無遊客踐踏壓力，但因未採行任何復舊及改善措施，沖蝕的情形仍持續發生，使得其植群及土壤依然難以回復，其土壤硬度仍在 20-25 mm 左右。總之，分生步道乃是未施設人工鋪面時，原步道路面劣化難行，遊客另闢而形成之路徑，雖然目前遊客之使用率降低，但部分分生步道因坡度較陡，地被植群消失、表土裸露等衝擊效應仍未見改善，以致土壤沖蝕的情形持續發生。

### (三)大面積的地表裸露

在塔塔加步道沿線有多處呈現大面積的地被植群消失、表土面狀裸露的踐踏衝擊現象，經調查的結果發現，這些面狀裸露的地點，分別在觀景點、解說牌周圍以及邊坡坡度較平緩的地點，其中以觀景點附近地表裸露之面積最大。

#### 1. 觀景點

在視野較開闊，景觀較好的地方，因吸引遊客駐足欣賞，而使其植被及土壤受到踐踏而形成目前所見 5 處大片面狀表土裸露的踐踏衝擊現象，每處表土裸露面積都在 400 m<sup>2</sup> 以上，此外，也常在原步道與觀景點間產生了數條捷徑。雖然經營管理單位已在步道最高點，遊客最常停留休息、眺望觀景的山稜平頂鋪設一圓形，直徑約 10 m 的石板鋪面，四周設置石板座椅及解說牌，但仍有都處表土面狀裸露的觀景點未見處理，遊客的踐踏衝擊效應也持續進行中。

#### 2. 解說牌

步道沿線設有解說牌的位置，也經常是遊客駐足停留的地方，因此其周圍也常有大面積表土裸露的現象。彭育琦(1997)之研究結果指出，同樣大小的解說牌，其設置位置距離步道越遠，則兩者之間土壤裸露的面積也越大。

#### 3. 遊客人數過多，且邊坡坡度較緩

邊坡坡度與步道沿線植群與土壤的各項的衝擊效應是呈負相關(Leung & Marion, 1996；彭育琦，1997)，一般而言，邊坡坡面越緩，則遊客越容易接近，所以造成的衝擊效應也越高，反之則遊客不容易接近，所造成之衝擊效應也越低。塔塔加步道沿線邊坡較緩或平坦的地方，通常是小丘或山稜的平頂，視野景觀較佳，也是遊客選擇暫時休息的場所，遊客密集的踐踏，造成大面積的表土裸露現象。

### (四)積水

塔塔加步道沿線有幾處積水的小池，經勘查後發現，這些積水所在的位置具有以下的环境特徵：1.坡面平緩，2.地勢呈凹形，3.缺乏排水設施。其原因在於，塔塔加步道的排水方式主要是採自然排水，並未設置導水設施，因此在步道較平坦，且其地勢呈凹形的位置，每當下雨的時候，地表的逕流水自然隨其地形流向步道的低處，並會及於附近窪地。此外，由於塔塔加步道沿線之土壤係屬黏質壤土，透水性差(劉儒淵 1992)，所以，使其更易產生積水的現象。

由以上衝擊效應影響因子的探討中可以發現，一個衝擊現象的發生，是經過

一段連續的過程，Manning(1979)曾將遊客踐踏對植群與土壤個別之衝擊效應及相互之間的關係彙整如圖 5，故在探討該衝擊效應形成的原因時，若只針對某單

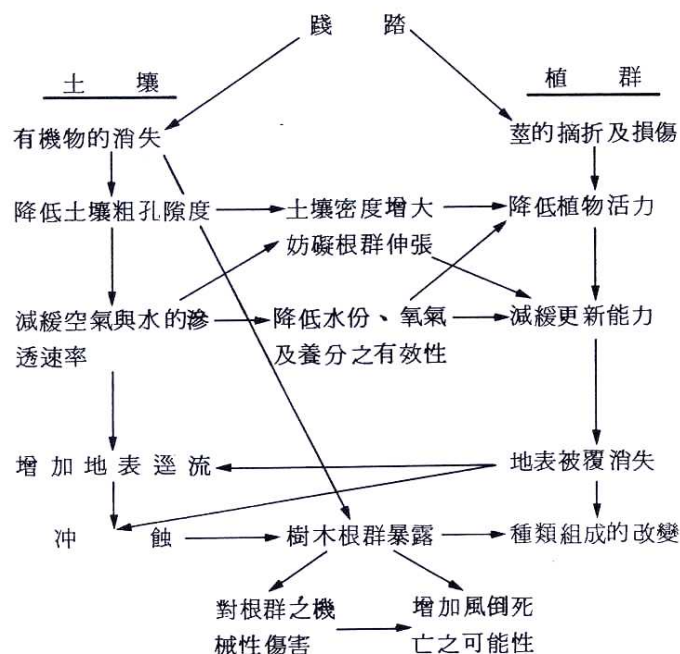


圖 5. 踐踏對植群與土壤之衝擊 (仿 Manning 1979，經修改)

一因子進行探討，並無法完整的瞭解其影響機制，必須由其一系列的演變過程，判斷其衝擊過程中各影響因子相互間之關係，及所產生之衝擊型態與程度。

而由調查研究的過程中亦發現，塔塔加步道的植群及土壤衝擊現象中，最初形成之肇因主要是遊客踐踏或施工的破壞，而其它環境因子(如植群、土壤、地形等)或規劃設計因子，則會減緩或加速其植群及土壤衝擊惡化的速度。因此在進行防治策略之擬定時，除遊客踐踏行為之控制，和施工時確實之復舊外，其它規劃設計及環境因子的考量也是抑制或減緩植群及土壤衝擊的最佳途徑。

## 八、步道衝擊防治及改善策略

目前步道規劃準則或相關之衝擊防治策略，多半針對新設步道所擬定，至於已經遭受嚴重衝擊之步道，則缺乏完整之復舊改善與未來防治的完整考量，以致許多改善策略實施後，無法達到預期的效果。本文藉由塔塔加步道遊憩衝擊的調查監測以及其影響因子之分析結果，針對前述四種主要遊憩衝擊型態提出相關之復舊與改善建議，茲分述如下：

### (一)土壤沖蝕

塔塔加步道前段嚴重的土壤沖蝕問題經歸納彙整其原因及作用如表 6 所示(劉儒淵，1997)。要改善塔塔加步道前段兩側嚴重的沖蝕情形，最重要的就是減緩地表逕流水的流速並導引其流向，將逕流水導離已形成之沖蝕溝。當務之急就

是盡速填補凹陷的部份，且避免遊客繼續踐踏，才能使填補的土壤不會因為逕流水強力的沖刷而大量流失，或是因為遊客的踐踏而再度凹陷。圖 6 列出了其沖蝕復舊作業的流程，依照其先後次序，循序漸進，才能達到預期的效果，使受沖蝕的部份日漸回復，茲略述其實施策略如下，至於其詳細處理方法、效果、配合條件以及可能的負面影響等，則請參閱筆者(1997)及彭育琦(1997)相關之論著與報告。

表 6 塔塔加步道沖蝕之主要影響因子及策略

影響因子	產生作用	策 略
1. 步道不敷使用	1. 踐踏增加	1. 控制步道容量
2. 坡度過大	2. 逕流水流速加快，沖蝕力增加	2. 減緩逕流水流速
3. 坡長過長	3. 逕流水流速加快，沖蝕力增加	3. 減緩逕流水流速
4. 人工鋪面阻礙地表排水	4. 地表水轉而沖蝕步道兩側	4. 導引逕流水流向

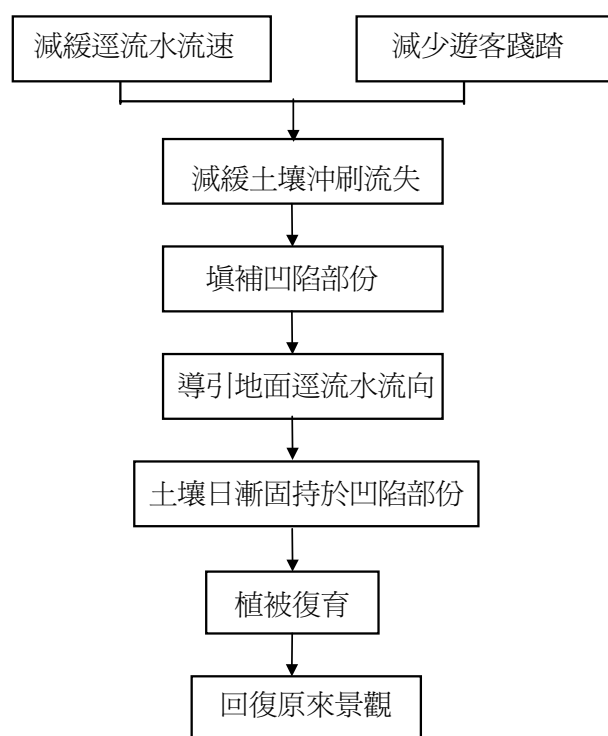


圖 6 塔塔加步道前段沖蝕復舊作業流程圖（仿彭育琦，1997）

#### 1. 減緩地面逕流水流速

塔塔加步道前段因為步道坡度過大，且筆直的坡面過長，因此地面逕流

水的速率較快，使其沖刷強度增加，但由於要改變步道之坡度及坡面長度以減緩地面逕流水流速，不但不易施行且所需經費過於龐大。建議採以(1)增加其坡面之粗糙度；(2)分段設置截水溝，使其逕流水停留之坡面因而縮短，達到減緩地面逕流水之流速，減弱其對地表土壤沖刷之能力。

## 2. 減少遊客之踐踏

塔塔加步道之遊客多數集中在星期假日，平均每天有超過 2,000 人次以上之遊客量，有時動輒二、三百人同時湧入步道，彼此來回交錯，迫使部分遊客必須離開步道鋪面才能使順暢行走，造成兩側植群及土壤之衝擊。因此為改善遊客繼續離開步道而踐踏兩側植群及土壤的行為，就必須分散或減輕步道之遊客量，或增加步道之寬度以容納更多的遊客，避免遊客踐踏而導致兩側植被消失、土壤裸露與沖蝕之情形繼續惡化。但是由於塔塔加步道沿線是以玉山箭竹草原為主的開闊景觀，步道筆直且無大樹遮蔽，從遊客中心前就非常容易視及，因此若以步道加寬來增加其遊客之容納量，則會造成視覺的嚴重衝擊，所以採以分散遊客為其改善方式，包括(1)另闢新徑，或(2)導引遊客至其它步道的策略，以減少其負面之影響將較為可行。

## 3. 導引地表逕流水

塔塔加步道人工鋪面兩側之凹陷使得逕流水無法順著自然地形排放，轉而沿著凹陷的沖蝕溝沖刷，因此為改善步道旁沖蝕的情形，首要之工作則是導引逕流水之流向，阻止逕流水繼續沖刷嚴重沖蝕的部份。而其方式則是將其兩側之凹陷填補，將逕流水導向強化之人工導水管溝，以減緩兩側土壤之沖蝕。

## 4. 植被復育

經過前述復舊措施的施行後，土壤可以日漸固持於兩側原來凹陷的地區，此時可配合季節開始進行植被之復育，而由於玉山箭竹乃該區最主要之植被，具有綿密的地下莖，且其耐踐踏的能力較該區其它的原生植群高，適合作為植被復育之主要植栽。而當步道兩側之植被日漸回復後，其與步道之間的範圍界定則更明確，可以減少遊客踐踏之動機，達到衝擊防治之目的。

# (二)分生步道

塔塔加步道主線完成人工步道鋪面施設後，多數的分生步道已較少有遊客使用，管理單位可用植栽或其他方式將其封閉，阻止遊客進入，讓其慢慢回復地被植群。而位於坡度較陡的地區的分生步道已有路面凹陷或形成沖蝕溝者，其復舊之方法與前項對土壤沖蝕所擬定之策略相似，首先必須增加表面之粗糙度以減緩地面逕流水之沖蝕力，然後再進行客土的工作，最後進行植被之復育，以回復原來之景觀。

# (三)面狀表土裸露

塔塔加步道沿線幾處呈現大面積的面狀裸露現象，可分為以下三種類型：

## 1. 觀景點

在視野較開闊的觀景點常吸引遊客駐足欣賞，而形成目前所見之大片面狀裸露的現象，因此為避免其衝擊持續擴張，必須先評估觀景點之價值，然後決定是否將其保留並納入步道系統內，並依其使用程度，適當強化其地

表，以增加其對遊客踐踏之耐限，否則宜以植栽封閉小徑，減少踐踏。

## 2. 解說牌及其它設施

步道沿線設有解說牌或其它休息設施的位置，也經常是遊客駐足停留的地方，因此其周圍也經常有大面積土壤裸露的現象，而且若解說牌位置距離步道越遠，則其週邊土壤裸露的面積也越大。因此塔塔加步道中途的解說或休息設施可以依遊客停留時間的長短，重新配置：

(1)停留時間較短者—儘量靠近步道，減小遊客踐踏之範圍。

(2)停留時間較長者—最好將其設置於景觀據點內一併規劃，將其衝擊集中管理，避免衝擊範圍之擴大。

## (四)積水

塔塔加步道沿線幾處有積水的小池或窪地週邊之植群與土壤如已受到踐踏衝擊，再進行復舊改善措施前應先勘查週遭地形，瞭解其形成原因。如果積水處是因地形關係，本身就是草原上一個凹陷的小池塘，則將步道改為挑高的棧橋方式或改線，避開此處，因積水處通常土壤含水率高，地被植物則以玉山針藺(*Baeothryon subcapitatum*)或曲髮芒草(*Deschampsia flexuosa*)為主，較不耐踐踏(劉儒淵，1992)。如果是因原步道之規劃設置不當所造成，則應先將其積水排出，最直接且有效的方式，就是設置截水溝將水排出，並變更步道路線或以棧橋方式通過，避免遊客因原步道泥濘難行而另闢新徑。

# 九、新設步道規劃在衝擊防治方面之建議

在一個生態旅遊區內，步道的規劃設置不但要提供遊客賞景、冒險、探索自然等功能，滿足遊客的遊憩需求，更必須反映出其對環境潛在衝擊的預測，以減少或完全去除因為遊憩使用而產生的不利影響，達到資源永續利用的目標。本文透過對塔塔加步道沿線植群與土壤衝擊的調查監測及其影響因子的分析，除對步道沿線已受衝擊的區域，提出改善及防治之建議外，並就新設步道規劃之初，在考量前述各種可能發生的衝擊型態之防治時應行注意事項，提出具體的建議供為參考，以達到事先防治之目的。

## (一)土壤沖蝕

沖蝕是遊憩活動對土壤最嚴重且持久的衝擊形式已如前述，因此在步道施設時，事先做好沖蝕之防治措施是步道規劃中重要的課題，其中步道路線之選擇、步道與鋪面型式、排水設施等三者為主要的考量項目。

### 1. 步道路線之選擇

#### (1)土壤因子

陳信雄(1995)指出，砂質壤土對沖蝕最不受影響，其原因在於砂質土的透水性遠較其它土壤為高。因此在步道路線選擇時，應先調查該基地土壤之質地，選擇透水性較高的砂質壤土為主的地區設置步道，但若必須設置在其它耐沖蝕性較低的土壤之地區時，則必須施設步道鋪面，以避免路面土壤因沖蝕而大量流失，造成不可回復之衝擊，如採挑高之棧橋(道)設

計，當能避免植被或土壤受到破壞。

## (2)坡度因子

國內外許多研究均指出，坡面角度是影響沖蝕的主要因素之一，沖蝕過程的開始與發達、坡度所造成的影響，雖可由土壤特性或植被覆蓋使其減少，但是無法完全的加以抑制，一般而言，沖蝕強度與坡度的平方成正比(陳信雄 1995)。本研究針對塔塔加步道前段步道坡度與沖蝕之寬度及深度之相關分析，亦得到其呈正相關之結果。因此建議在進行步道路線選擇時，其坡度最好不要超過 10%，以低於 7%者最理想，避免沖蝕成為持續性之步道衝擊與劣化的問題。

## (3)坡長因子

坡面長度與沖蝕強度的關係，已有很多研究結果加以確認，由於逕流水的集中，常使得地表的侵蝕發展成為溝壑沖蝕。因此在進行步道路線及位置選擇時，應盡量減少地面逕流水停留在坡面的時間，使其在短距離內排出坡面，減弱沖蝕之強度。

## (4)植群因子

地被植群雖不是直接影響沖蝕之因子，但不同植被對遊客踐踏之抵抗力則有所不同，因此在進行步道路線選擇時，則應選擇耐踐踏植被生育的地區。較耐踐踏的植物通常具有以下一至多個特徵：生長點低矮、叢生、匍匐性、葉小、根生葉成放射狀、屬半年或一年生之生活型、能在不適宜的環境下縮短生活週期、具刺、營養器官柔軟具彈性而不脆弱、養分吸收及繁殖力強、花小、根至花的距離短、種子小且硬、成熟期短、每株植物結實量大、種子散播力強且能藉營養繁殖等(劉儒淵，1996)，可以減輕遊客踐踏對植群及土壤之破壞，避免因表土裸露情形的發生，使其對逕流水沖刷之抵抗力降低，而增加土壤流失的情形。

# 2. 步道與鋪面的型式

在進行步道型式之設計時，應先釐清其步道經營之目標，決定步道類型、提供的對象，以及步道所需承受之遊客量，然後決定其步道之寬度以及所使用之鋪面型式。

## (1)遊客量

步道鋪面之寬度應依照其所需承受遊客量來決定，但一般登山健行步道則以不超過 1.5-2 m 為原則，其原因在於步道寬度過寬對整體之森林或草原自然景觀以及資源之破壞甚鉅，影響遊客對美好景觀的體驗，且失去步道開設之用意。而步道鋪面型式之選擇也應考量其所需承受之遊客量，以決定其鋪面之強度，達到強化地表之功能，避免因遊客踐踏而使表土裸露，造成沖蝕。

## (2)土壤特性

步道鋪面施設形式除遊客量之考量外，也應分析其所在地區之土壤特性，若其土壤屬耐沖蝕性較低之土壤，則應強化其鋪面，以保護脆弱之土壤，避免其因沖蝕而造成嚴重之土壤流失。

# 3. 排水設施

在步道的工程中沒有任何項目比適當的排水更重要，它是預防步道沖蝕的最佳途徑，因此在施工前，即應對排水設施詳加規劃。而處理地表水的最佳方法是藉由增加排水設施的設置次數，將逕流水儘快排出，以減少逕流水停留在踏面的時間。步道排水設施的型式包括外傾坡、坡面洩水導道、導流橫條、涵洞、石砌排水道等多種(內政部營建署，1993)，在進行步道規劃時可依其基地特性，選擇合適之排水設施。

## (二)分生步道

為減少遊客離開步道另闢小徑或捷徑通往休憩觀景據點的誘因，新設步道在路線規劃時，除考慮環境因子外，遊客對美好景觀之需求也是不容忽視的，因此在步道路線選擇時，必須考量景觀點之位置，可依實際需要沿山脊或稜線開設，並在視野開闊處設置休憩設施，使遊客可以眺望優美的景觀。儘量避免將步道設置於距離可眺望景觀之位置太遠，但又是遊客視野可及的範圍，如此則容易誘使遊客另闢小徑，形成分生步道，應將景觀點納入步道系統中，加以維護管理，以避免衝擊範圍之擴大。

## (三)面狀表土裸露

### 1. 觀景點

如前所述，由於遊客對美好景觀之偏好，觀景點常是遊客駐足停留的位置，密集的遊客踐踏，輒造成大面積之表土裸露，因此在進行步道規劃時，則應將觀景點納入規劃管理的範圍內，依其需求設置休憩設施並適當地強化其地表，避免其植被消失、土壤裸露的範圍一再擴大惡化，造成難以回復之衝擊。

### 2. 設施位置

除景觀點外，解說牌或是其它供遊客使用之設施也常是吸引遊客駐足停留的位置，因此設施位置之選擇與配置應妥善加以規劃。解說牌或相關設施可以依遊客停留時間的長短的預估來配置其位置，停留時間較長者，可以配合景觀點來設置，將其設置於景觀點內，統一管理，以減少衝擊的發生，且避免影響其它遊客之動線。而所需停留時間較短者則儘量靠近步道兩側設置，避免其衝擊範圍擴大，也不致影響遊客之動線。

### 3. 步道範圍之界定

相關的研究指出，步道兩側邊坡較緩或是植被消失、表土裸露的路段，其衝擊之範圍通常較大，主要是因其步道之範圍並沒有明顯之界定，不管有無人為鋪面，遊客常會離開原有步道，而造成步道兩側踐踏衝擊範圍擴大的情形。因此在進行步道施設時，可用植栽或利用坡度的變化來區隔步道之範圍，減少遊客離開步道而增加踐踏之機會。

## (四)積水

步道坡度較平緩，或是週邊坡面地形成凹狀時常會發生積水的現象，因此在進行步道路線選擇時，應避開該處或以有角度的方式橫越原來的自然坡面，利用天然排水方式，或依需要設置適當的排水設施，以避免積水的現象發生。

## 十、結語

目前國內各生態旅遊地都面臨著極大的遊憩壓力，過度且密集的遊憩使用，已對各地主要的登山步道沿線與宿營地附近的植群、土壤、野生動物及水等各項自然資源造成相當程度的衝擊，尤以高山地區為然。因此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，實為推展生態旅遊，及從事高山生態系研究與保育上極為重要的課題。

遍布台灣林野的步道，曾是早期居民的交通要道，蘊涵了先民走過的歷史，現則逐漸轉換為國民體驗自然、認同鄉土、增進健康及推行生態旅遊的最佳管道。目前林務單位正積極推動「國家步道系統計畫」，以既有步道為基礎，藉由自然及人文資源的調查與彙整，於考量步道設置的供給與需求層面，並兼顧景緻可及性、資源涵蓋性、生物多樣性、文化獨特性、功能多樣性等多元前提下，經由適度的整體規劃設計運用生態材料、生態工法等予以整修建置，使對環境破壞及景觀衝擊降至最低，並配合環境解說的運用協助自然教育的推展延伸林野景致，活絡山村經濟(行政院農委會林務局，2002, 2003)。在此一國家步道系統的規劃與執行過程中，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，本文提供相關的調查監測技術與塔塔加步道之個案研究成果供為步道規劃與衝擊防治作業上之參考，希望有助於該計畫之執行與落實，俾能有效的維護各生態旅遊地之遊憩環境品質。

## 參考文獻

1. 內政部營建署(譯), 1993,《國家公園步道經營管理手冊》,美國內政部國家公園署丹佛服務中心出版。
2. 行政院農委會林務局, 2002,“國家步道實務”,《森林育樂手冊》, pp. 27~49。
3. 行政院農委會林務局, 2003,《國家步道系統設計規範》。
4. 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”,東海大學景觀學研究所碩士論文。
5. 陳立楨、簡益章, 1988,“減少遊樂活動對自然環境衝擊之對策”,《台灣林業》, 14(8): 29-38。
6. 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。
7. 陳信雄, 1995,《沖蝕》,國立台灣大學森林學系防砂工程學研究室出版。
8. 彭育琦, 1997,“塔塔加地區步道衝擊及其影響因子之研究”,東海大學景觀學研究所碩士論文。
9. 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》, 第2卷, 第1期, pp.3-18。
10. 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》, 第6卷, 第4期, pp.1-40。
11. 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》, 第9卷, 第3期, pp.1-19。
12. 劉儒淵, 1996,“戶外遊憩對天然植群之衝擊”,《中華林學季刊》, 第29卷, 第2期, pp. 35-58。
13. 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, pp.1-50。
14. 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, pp.1-7。
15. 劉儒淵, 2000,“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》, 第14卷, 第4期, pp.201-219。
16. 劉儒淵, 2002,《戶外遊憩區步道衝擊之調查監測(技術手冊)》,台大實驗林。
17. 劉儒淵, 2003,農委會92年度研究計畫「登山步道遊憩衝擊之調查監測(2/3)」塔塔加定期調查監測資料(未發表)。
18. 劉儒淵、曾家琳, 2003,“登山步道遊憩衝擊之調查監測”,農委會林務局主辦「生態系經營—永久樣區理論與實務探討」研討會論文集, pp.97-112。
19. 鍾弘遠, 1992,“坡地開發”,《水土保持植生工程設計要覽》,地景企業股份有限公司。
20. 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, 76年2月26日)。
21. Bhujju, D. R. & Ohsawa, M., 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.
22. 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.
23. Cole, D. N., 1983, *Assessing and monitoring the backcountry trail conditions*. USDA Forest Research Paper, INT-450, 5pp.
24. 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, pp.135-177.
25. Deluca, T. H., Patterson IV, W. A., Freimund, W. A., & Cole, D. N., 1998, “Influence of llamas, horses, and hikers on soil erosion from established recreation trails in western Montana, USA”, *Environmental Management*, 22(2) : 255-262.
26. Graefe, A. R., Kuss, F. R., & Loomis, L., 1986, “Visitor impact management in wildland setting.” In: Lucas, R.C.(ed.), *Proceedings: National wilderness research conference: current research*. pp. 432-439. Intermountain Research Station, Ogden, UT.
27. Hammitt, W. E., & Cole, D. N., 1998, *Wildland recreation: Ecology and management*. 2nd ed.) John Wiley & Sons, Inc. N.Y.
28. Jubenville A., & O'sullivan, K.,1987, “Relationship of vegetation type and slope gradient to trail erosion in interior Alaska”, *Journal of Soil and Water Conservation*, 42(6) : 450-452.
29. Kuss, F. R., 1986, “Impact ecology knowledge is basic” In: Lucas, R.C.(ed.) *Proceedings--National wilderness research conference : current research*. pp. 92-94.
30. Leonard, R. E., & Whitney, A. M., 1977, “Trail transect : A method for documenting trail change”, USDA Forest Research Paper NE-389. 8pp.
31. Leung, Y. E., & Marion, J. L., 1996, “Trail degradation as influenced by environmental factors: state-of-the-knowledge review”, *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(2):130-136.
32. Leung, Y. E., & Marion, J. L., 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.
33. Leung, Y. E., & Marion, J. L., 1999b, “The influence of trampling interval on the accuracy of trail impact assessment”, *Landscape and Urban Planning*, 43 : 167-179.
34. Manning, R. E., 1979, “Impacts of recreation on riparian soils and vegetation”, *Water Resources Bulletin*, 15 : 30-43.
35. 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. Intermountain Research Station, Ogden, UT.
36. Rinehart, R.P., Hardy, C. C. & Rosenau, H. G., 1978, “Measuring Trail Conditions with Stereo Photography”, *Journal of Forestry*, 76:501-503.
37. Summer, R. M., 1980, “Impact of Horse Traffic on Trails in Rocky Mountain National Park”, *Journal of Soil and Water Conservation*, 35:85-87.

38. 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).

# Studies on Trail Design from the Viewpoint of Recreation Impacts : A Case Study of Tataka Trail, Yushan National Park

Ju-Yuan Liu\* Chia-Lin Cheng\*\* Chieh-Wen Shen\*\*

\*Researcher, Taiwan Development Institute (Corresponding author)

\*\*The Experimental Forest of National Taiwan University

( Date Received : April 24, 2004 ; Date Accepted : June 30, 2004 )

## Abstract

A long-term investigation and monitoring of the trail condition on recreation areas will reflect the relevancy of trail design and the extent of trampling impacts. Such measure implies whether the trails have been overused, when and where some techniques should be applied, or whether the managing strategies work or not. This is one of the major themes of impact management in outdoor recreation areas.

This paper not only reviewed the techniques used for investigating and monitoring trail impacts, but also examined the defects of trail design based on the results of impact monitoring along the trail. The Tataka Trail of Yushan National Park in central Taiwan was selected as an example. Some suggestions were made for the related studies on and the management of trail impacts.

Keywords: Ecotourism, Trail impact, Impact monitoring, Trail design.