

雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測及可能
侵蝕深度推測－以雪山東線及大霸線為例

雪霸國家公園管理處

中華民國九十八年十二月

9810

雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測及可能 侵蝕深度推測－以雪山東線及大霸線為例

受委託者：中華民國國家公園學會

研究主持人：曾碩文 博士

研究人員：李彥樑

雪霸國家公園管理處

中華民國九十八年十二月

目錄

摘要	III
第一章 緒論	1
第一節 計畫緣起與研究目的	1
第二節 研究範圍與內容	2
壹、研究範圍	2
貳、研究內容	5
第二章 調查方法與調查流程	6
第一節 相關調查方法	6
壹、步道衝擊之研究方法	6
貳、步道衝擊監測技術	7
第二節 本計畫調查方法	7
壹、步道侵蝕量	8
貳、母岩可能位置探測	8
第三節 調查流程	9
第三章 成果展現-雪山線	10
第一節 環境概況	10
第二節 土壤侵蝕量之調查結果	11
第三節 母岩可能深度推測之調查結果	14
第四節 可能侵蝕深度推測	15
第四章 成果展現-大霸線	17
第一節 環境概況	17
第二節 土壤侵蝕量之調查結果	18
第三節 母岩可能深度推測之調查結果	22
第四節 可能侵蝕深度推測	22
第五章 建議事項	24
第一節 步道管理與維護	24
第二節 環境教育與宣導	25
參考書目	41

圖表目錄

表 1 雪山東線侵蝕量資料表(2008.11-2009.11)	12
表 2 雪東線母岩可能深度推測表	14
表 3 雪山東線可能侵蝕深度推測表	16
表 4 大霸線侵蝕量資料表.....	18
表 5 大霸線母岩可能深度推測表	22
表 6 可能侵蝕深度推測表	23
圖 1 調查範圍圖—雪山東線	3
圖 2 調查範圍圖—大霸尖山線	4
圖 3 Cole 的步道斷面積測量方式	8
圖 4 簡易貫入試驗儀器 Panda2.....	8
圖 5 研究流程圖	9
圖 6 雪山東線侵蝕量分佈圖	14
圖 7 推估示意圖.....	15
圖 8 大霸尖山線侵蝕量分佈圖	19

摘要

關鍵詞：土壤侵蝕、步道截面、Kuraves

本調查計畫之目的在於建立步道沿線所設立樣點的土壤侵蝕基礎資料，並建立土壤侵蝕資料，供作後續研究參考。亦可供作推展生態旅遊，及從事高山生態系基礎研究與保育上極為重要的參考。

本調查主要為計算步道土壤侵蝕量，侵蝕最嚴重的路段為雪山東線的 3.5～4.0，4.1～4.3，8.3，8.5，大霸線的 5～6，9.5，10.4，8.1～8.4 等路段。

Erosion of Mountain Hiking Trail in Shei-pa National Park, Taiwan

ABSTRACT

This survey was at Wuling Area and Daba of Shei-pa National park, aiming to explore the impact an erosion of two hiking trails. Morning was carried out from May to November 2008. This survey was carried out by cross-section method to measure the amount of soil erosion.

According to data ,the most impartment serious is at 3.5～4.0，4.1～4.3，8.3，8.5 at Sheishan Trail，5～6，9.5，10.4，8.1～8.4 at Daba Trail. Some suggestions were offered to the authorities concerned to minimize the impact of trail erosion in the management.

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與研究目的

本計畫為民國九十年雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測—以雪山東線、四秀線、大霸尖山線為例之延續計畫，由於近來年國內民眾對戶外旅遊活動需求大增，而國家公園向為民眾之所首選，因此為能在遊憩與環保中取得平衡，擬定之政策能兼顧兩者之需求，因此有必要繼續針對相關的環境指標做長期的監測。

自民國 60 年起，隨著登山技術的提昇與登山社團的活絡，台灣的登山運動漸趨普及，加以近年來週休二日制度的影響，更引領戶外休閒風氣的蓬勃發展。根據相關調查統計資料顯示，觀賞自然景觀與野外登山、健行已成為最受國人喜愛的十大遊憩活動之一。然而，許多休閒旅遊的方式常對脆弱的資源造成嚴重的衝擊，尤其是集中在某些特定時段及地點的高密度使用，更易導致相關的環境破壞。在野外登山活動盛行的國外，登山步道的土壤侵蝕幾乎是每個山岳型的國立公園管理上都會面對的問題。也因此遊憩生態學領域在國外已行之有年，其中步道土壤與步道兩側植被衝擊的研究已累積相當多的經驗，而國內仍在剛起步之階段，累積的研究仍不多。遊憩生態學也著眼於過度且密集的遊憩使用，步道與營地也是常被關注的焦點。登山步道的土壤侵蝕可以說是很清楚的反應人類在大自然中的行為所造成的影響，本調查希望能夠透過長期監測，發現日益增多的登山人口是否對登山步道造成衝擊，而這些衝擊有哪些，是否隨之擴大。

登山步道的侵蝕只是人類對大自然造成的傷害之一，但是卻也是顯而易見，除了運用良好的排水設施、木棧道來減少侵蝕之外，在登山活動越來越興盛的台灣，依據國外相關的研究指出，土壤侵蝕只會越來越加劇。本調查計畫之目的蒐集土壤侵蝕基礎資料，並預估可能的侵蝕深度。

第二節 研究範圍與內容

壹、研究範圍

本研究調查範圍選定雪霸國家公園內的主要登山步道，雪山東線，及大霸尖山線。

雪山為五岳之一，也是台灣第二高峰，是許多山友必登之名山，因此長久以來都是台灣山區很受注目的明星山區。上雪山的最大眾化路線為雪山東峰線，它也是台灣登山愛好者的熱門登山路線，所以攀登的山友絡繹不絕。在入山證開放免高山嚮導陪同之政策後，與週休二日政策的推動下，攀登的遊客數量有增無減，無形之中對環境造成相當大的負荷，因此有必要對步道進行步道踐踏後土壤侵蝕的長期監測。

雪山東線調查範圍由雪山登山口至雪山山頂，共 10.9 公里。調查範圍的海拔為 1700~3886 公尺。沿線包含二葉松林、次生林和原始針闊葉林等生態系。

大霸尖山線亦為近年來國人甚愛攀登之熱門路線。由於目前大霸尖山地區仍為管制地區，尚未對外開放，因此對此地區進行監測，可以蒐集到精準的土壤自然侵蝕資料，對將來本區域開放後，可以做更有效的管理。大霸尖山線調查範圍自大霸尖山登山口至大霸尖山霸基為止。

圖 1 調查範圍圖—雪山東線

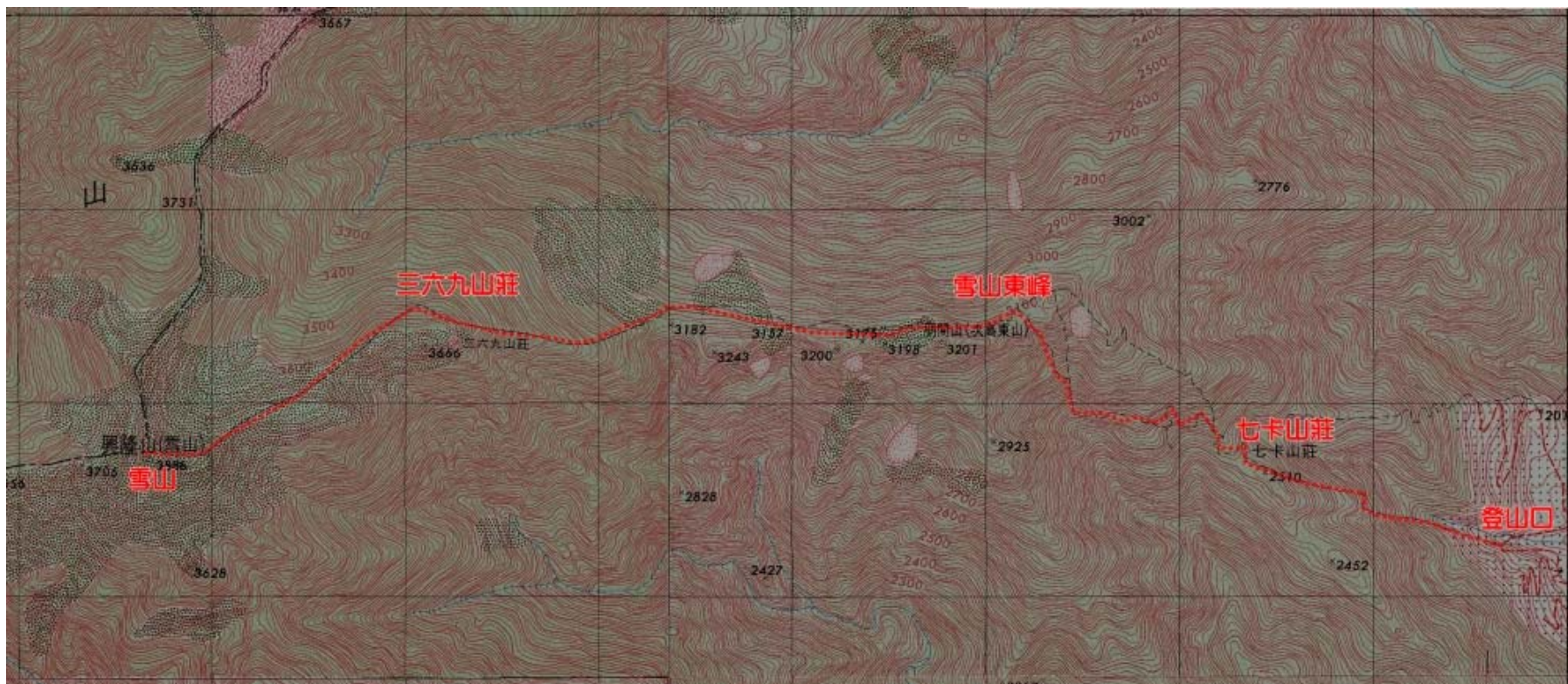
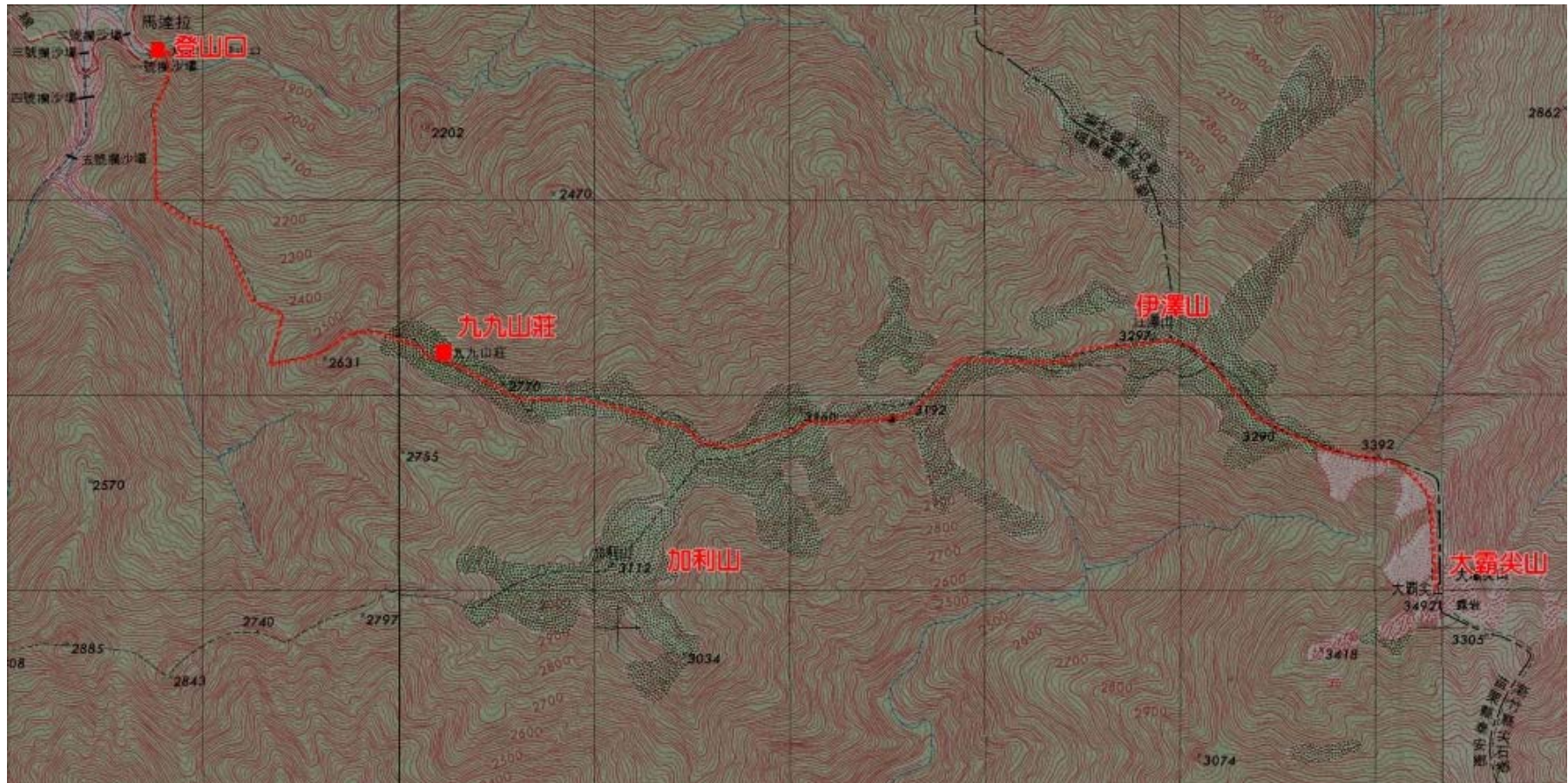


圖 2 調查範圍圖—大霸尖山線



貳、研究內容

本調查計劃將重心放在步道土壤侵蝕的監測，因此不討論其它遊憩衝擊現象。本調查計畫主要內容為：

- 一、調查雪山東線及大霸線步道之土壤侵蝕速率。
- 二、調查雪山東線及大霸線步道之可能侵蝕深度推測。
- 三、與前期計畫之侵蝕量進行分析比較。
- 四、提供登山步道維持管理與承載量所需之土壤侵蝕資料。

本調查將持續性定期紀錄步道上所設立之樣點，土壤流失及踐踏的狀況，以作為步道經營管理措施擬定之參考。

第二章 調查方法與調查流程

本年度之調查主要在於雪霸國家公園主要的條登山步道土壤侵蝕之基礎資料收集及分析，希望透過長期監測來了解登山步道上土壤衝擊的範圍是否隨使用者的增加而擴大，是否受到地形與氣候的影響。調查結果可成為經營管理上重要參考之一，用以制定管理策略。而依據監測衝擊程度，則可作為管理策略的參考。本年度之調查主要在探討雪霸國家公園武陵地區登山步道土壤侵蝕之基礎資料收集及分析，研究者希望透過長期監測來了解登山步道上土壤衝擊的範圍是否隨使用者的增加而擴大，是否受到地形與氣候的影響。可成為經營管理上重要的措施之一，來制定管理策略，並應時常監測衝擊程度，以修正管理策略。

第一節 相關調查方法

壹、步道衝擊之研究方法

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(monitoring of 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，觀察之樣區遭受衝擊或未遭受衝擊或遭受不同程度量的衝擊之樣區，加以對照比較。在國內已開放之戶外遊憩區，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。但為能達到環境品質與遊憩品質兼顧，有效掌控遊憩衝擊程度，則儘可能在人力及經費許可下，進行定期之衝擊監測作業。

貳、步道衝擊監測技術

戶外遊憩區的衝擊經營實務上，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)，以及完整地審視步道狀況之普查技術(census techniques)等(Hammitt & Cole 1998)：

(一)重複測量：以系統或隨機抽樣設置若干永久樣點，定期且精確地觀測步道變化之定量監測法，例如設立固定樁，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)。本調查即採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，作為研判步道沖蝕的依據。

(二)快速調查：步道沿線每間隔若干距離，選取數個樣區作快速調查的測量法。調查的介量包括步道寬度、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狀況，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，調查工作較為簡便。

(三)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。接著將所有步道加以分段(例如以 0.5 公里為一單元)，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)。

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)。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，航空照片是監測遊憩用地劣化面積、數目與過程的良好方法。

第二節 本計畫調查方法

依前述相關調查方法之介紹，本調查將長期在同樣的樣點上蒐集資料，以第一次蒐集的土壤侵蝕斷面資料為控制組資料。在野外資料收集作業方面，將在步道選定調查範圍約每隔一百~兩百公尺設立一樣點，進行斷面量測，完整而清

楚地呈現土壤侵蝕之狀況。

壹、步道侵蝕量

步道侵蝕量過去多以線與鉛錘來進行斷面積測量(圖4)，以此推知土壤侵蝕量(Cole, 1983)，雖然這種方式作業簡便，卻無法測量侵蝕量體積。除此之外，為求測量上的精確，往往必須長時間在野外作業。Warner(1995)與 Warner Kvaerner(1998)以照相測量的方式來縮短野外作業的時間。

圖 3 Cole 的步道斷面積測量方式



不過由於台灣植被較茂密，經過多年試行，採用照相測量容易產生極大誤差，因此能採用斷面積測量測量的方式來取得土壤侵蝕的資料。

貳、母岩可能位置探測

本調查使用法國 Sol-Solution 公司所生產的 PANDA2 (簡易式貫入試驗器) 來探測母岩的可能深度。該器具重約 20 公斤，能夠攜帶進入山區進行調查，並備有資料紀錄器，調查後可與電腦連接，將資料輸出。本研究便採用簡易貫入試驗來推判坡面土層之強度與深度，其優點為經濟、簡單且方便，並可大範圍施行調查。

圖 4 簡易貫入試驗儀器 Panda2



第三節 調查流程

下圖為調查流程與資料分析：

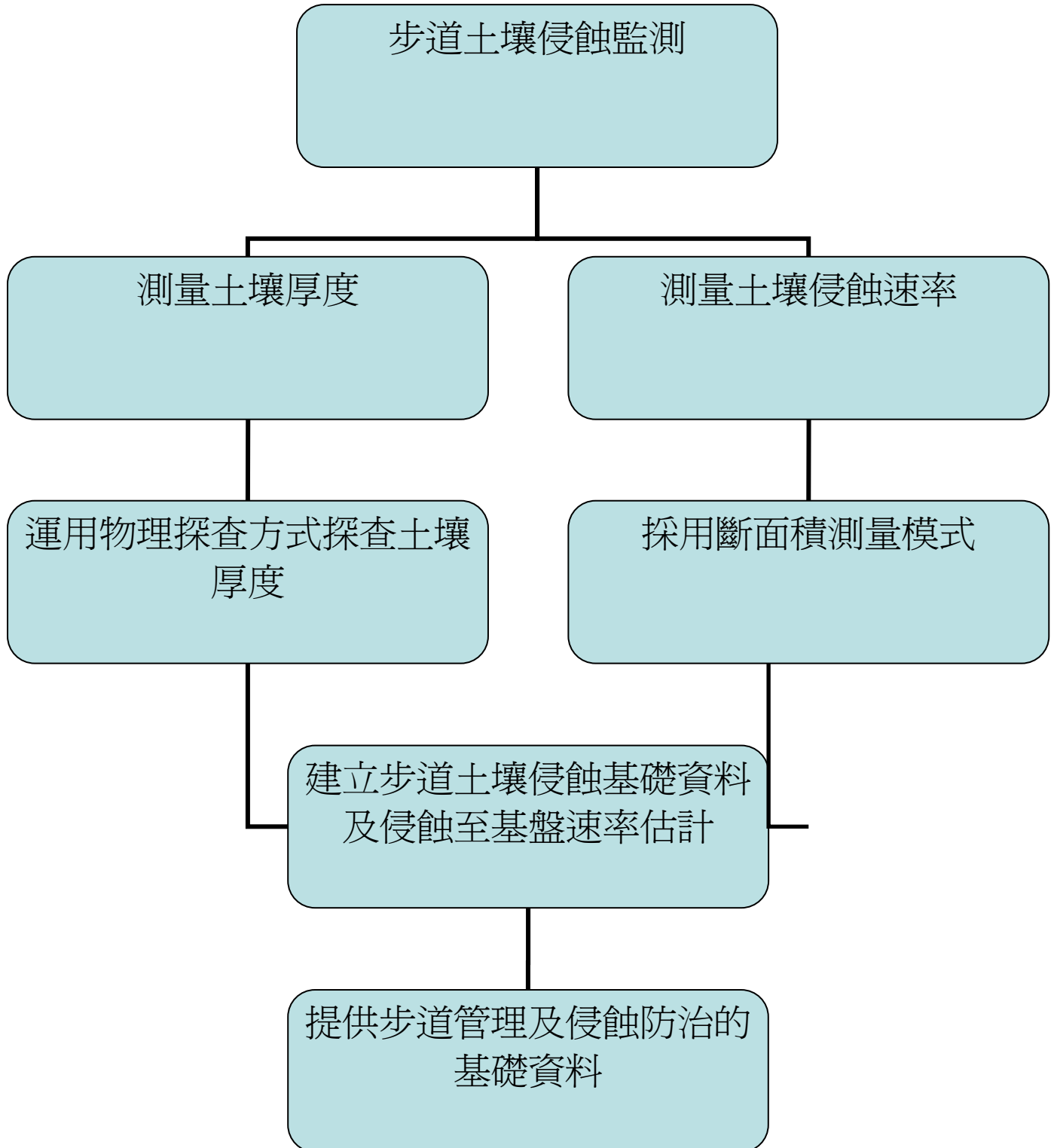


圖 5 研究流程圖

第三章 成果展現-雪山線

第一節 環境概況

雪山主峰線為目前登雪山最大眾化的路線，也是雪霸國家公園內的熱門登山路線。由大水池登山口經兩公里可抵七卡山莊（可住宿 160 人），四公里處可抵觀景台及「哭坡」。「哭坡」之後路途則較緩。雪山東峰位於五公里處。三六九山莊（可住宿 100 人）設立於七公里處，步行至 10.9K 則可抵雪山主峰。

武陵農場附近環境由於早期經退輔會森開處開發，人為干擾較嚴重，常見景觀為果園區、高冷蔬菜、金針花田外，較引人注目的就是山櫻花與緋寒櫻成片的櫻花海了。自大水池登山口起登，海拔約 2000 公尺，腳邊常可見到豆科的白花三葉草，其實是種外來的歸化植物，本是農場為了替改良土壤，用以固氮而引入，卻逐漸生長至登山口。登山口至七卡山莊坡度逐漸緩升，之字坡的步道形成了背陽與向陽交替的環境，菊科的台灣澤蘭與禾本科的高山芒組成了基本的下層植物相，一路高山芒分布不曾間斷，偶然可見稀有的闊葉樹種化香樹。路旁玉山金絲桃、一枝黃花、黃苑與貓兒菊，透過上層針葉樹林灑下的光線，金黃色的花海映入眼簾；偶爾也點綴著粉色系、花形似康乃馨的玉山石竹、開著白花的虎耳草科—梅花草、有如紫色鈴鐺的高山殺參，以及百合科的台灣藜蘆、台灣粉條兒菜；上層的木本植物，部份路段散生了昆欄樹、三斗石櫟、錐果櫟以及紅葉植物的台灣紅榨槭。

七卡山莊海拔約 2500 公尺，上升至哭坡約 3000 公尺，向陽之字坡漸增，前段上層植物多由赤楊、栓皮櫟、台灣二葉松、雲杉等形成較優勢的森林，偶爾夾雜青剛櫟、楊梅、台灣五葉松與華山松等針闊混淆林，林下灌木叢多為杜鵑花科的台灣馬醉木、金毛杜鵑與南燭。當路轉至背陽面時，下層植物如高山破傘菊有著破傘般的葉片令人印象深刻；秋冬季節必然見到的高山指標植物：玉山抱莖籜蕭，人稱白花香青，常形成一條白色花廊。路徑稍至開闊處，免不了有著高大常見的草本，蓼科植物—虎杖，結果期時有如風信子花般一大叢果序就是他的註冊商標；一路上也有著玉山莢蒾、葉色多變的玉山繡線菊為點綴。

哭坡以上進入 3000 公尺的稜線帶，上層的台灣二葉松越見稀疏，開始出現一小片草原般的環境，零星的分布著高山櫟、高山杜鵑，離開此段草原，便進入台灣鐵杉與台灣冷杉的混合林中，一直行至雪山東峰前，才又出現高山芒與玉山箭竹的高山草原環境。自雪山東峰

往三六九山莊望去，除了高山草原外，偶有冷杉林及為數不少的白木林，其實這原是片冷杉純林，經過多次的森林大火之後所形成。深綠色的冷杉黑森林夾著一大片白木林，與金黃色的玉山箭竹原相互輝映。進入這一大片樹幹通直、生長鬱閉良好的冷杉純林（俗稱黑森林），緊接著上至雪山圈谷邊緣，海拔約 3500 公尺，映入眼簾的為一片碎石裸岩區，沿著登山路徑至稜線附近，空曠處夾雜零星的巒大花楸、台灣茶藨子、玉山小檗、玉山杜鵑、玉山野薔薇；地被責由蘚苔類所覆蓋，及山酢漿草、玉山鬼督郵、刺果豬殃殃、山薰香、玉山水苦蕒與曲芒髮草。圈谷底部則為高山矮灌叢與高山草本植物所形成，由玉山杜鵑與玉山圓柏形成高山矮灌叢，草本則為雪山馬蘭、雪山翻白草、長柄毛茛與難得一見的稀有植物雙黃花堇菜。

從登山口起至雪山主峰步道高度分布約為 2200m 至 3886m。三六九山莊前沿途每隔 100 公尺設置一個樣點，三六九山莊之後每隔 150 公尺設置一個樣點，步道全段原設置 100 個樣點。二零零五年九月曾經作過事前調查建立基礎資料，由於樣點鉛樁遭到破壞，因此實際有效的量測點僅為六十七個。

第二節 土壤侵蝕量之調查結果

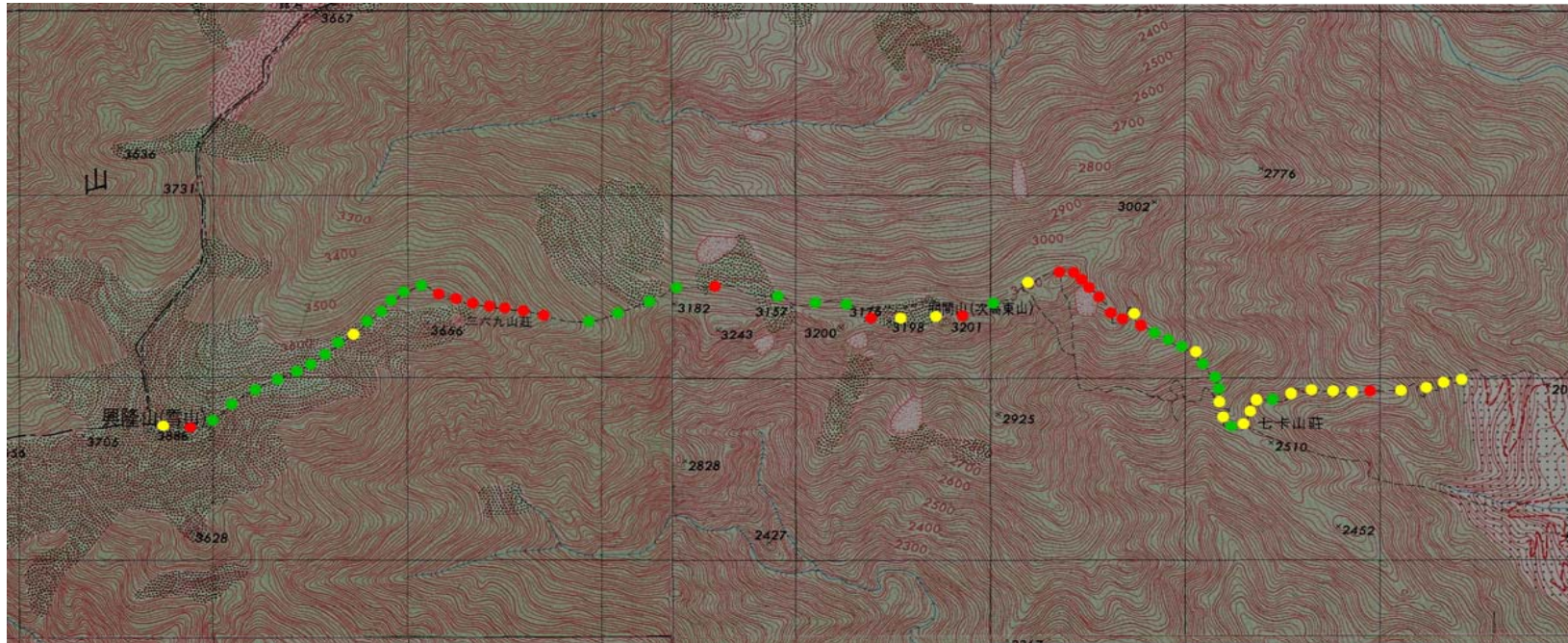
本年度於五月及十一月各進行一次調查，下頁為雪山東線侵蝕量資料及分佈情形。

表 1 雪山東線侵蝕量資料表(2008.11-2009.11)

地點	侵蝕量 (cm ²)	地點	侵蝕量 (cm ²)	地點	侵蝕量 (cm ²)
三六九山莊之前			三六九山莊之後		
4	19.82	51	121.42	2	244.39
6	14.82	53	41.86	3	208.23
7	7.94	54	10.65	5	126.57
9	17.34	55	107.83	6	131.26
10	140.53	57	57.43	7	113.71
11	35.53	58	73.01	8	148.10
12	23.28	62	58.97	10	107.73
13	35.00	63	110.19	12	71.32
14	23.19	65	76.53	13	70.52
15	51.73	67	56.89	15	92.62
16	44.68	68	96.83	16	83.45
17	24.51	69	99.45	18	40.31
18	29.92	70	48.01	19	20.97
19	50.15			20	90.00
20	39.58			21	91.05
21	20.80			22	74.15
22	71.27			23	81.02
25	80.25			24	93.11
26	77.25			25	65.45
27	40.65			26	47.47
28	57.00			27	68.36
29	77.76			28	202.93
31	54.49			30	24.28
32	206.61				
34	27.36				
35	170.04				
38	275.98				
40	144.41				
41	106.52				
43	183.97				
45	223.19				
46	125.88				

48	36.71
50	85.80

圖 6 雪山東線侵蝕量分佈圖



第三節 母岩可能深度推測之調查結果

母岩可能深度調查於五月間執行，於雪山東線進行 70 處的簡易貫入試驗，下表為母岩可能深度推測表：

表 2 雪東線母岩可能深度推測表

地点	可能深度 cm	地点	可能深度 cm	地点	可能深度 cm
三六九山莊之前			三六九山莊之後		
4	255	50	143	2	229
6	172	51	149	3	145
7	297	53	72	5	152
9	161	54	130	6	223
10	228	55	80	7	169
11	128	57	108	8	233
12	277	58	93	10	220
13	231	62	69	12	257
14	181	63	195	13	206
15	272	65	136	15	298
16	288	67	132	16	231
17	135	68	147	18	241
18	113	69	104	19	180
19	258	70	123	20	120
20	281			21	81
21	218			22	32
22	152			23	25
25	222			24	10
26	102			25	91
27	237			26	45
28	259			27	55
29	148			28	98
31	268			30	35
32	163				
34	298				
35	172				
38	252				
40	125				
41	136				
43	200				

45	169			
46	155			
48	87			

第四節 可能侵蝕深度推測

經由調查取得侵蝕量及母岩可能深度後，即可依據歷年之侵蝕量來推估，在國家公園管理處如果沒有進行任何的步道維護狀態下，尚有幾年就會侵蝕到母岩的所在位置。

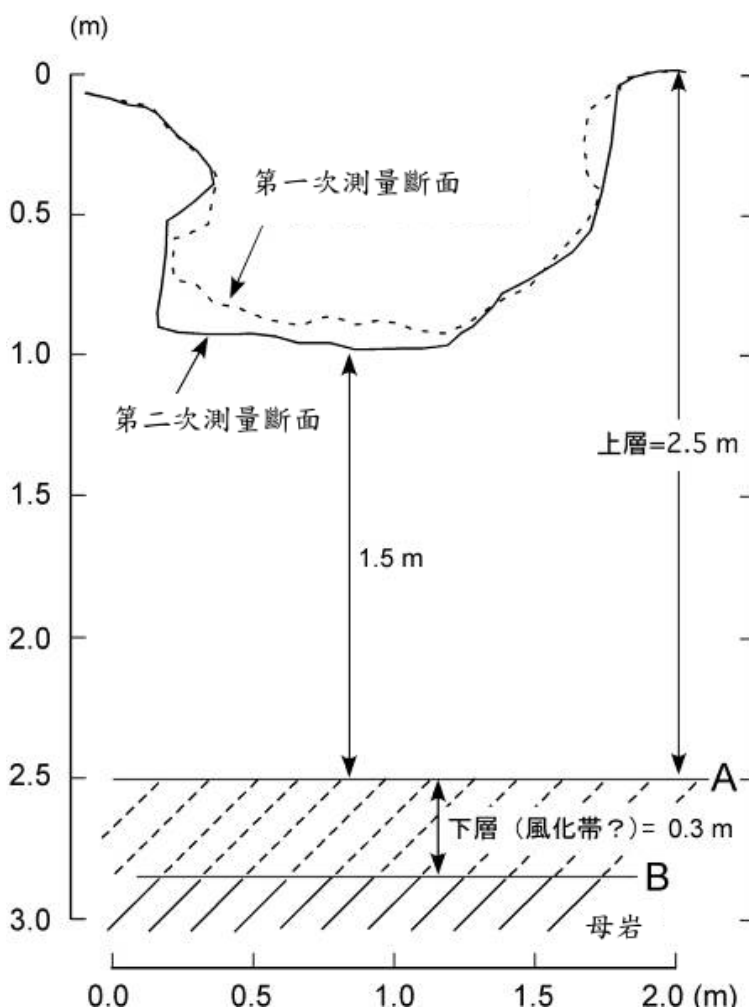


圖 7 推估示意圖

以 S04 為例，2005 至 2009 四年間，断面最大落差為 6.5 公分，最小為 5.2 公分，S04 母岩可能深度為 255cm，則可能侵蝕至母岩之年限最快為 2048 年，最慢為 2058 年。

下頁為侵蝕量及母岩可能深度等數據推估之年限：

表 3 雪山東線可能侵蝕深度推測表

地点	年限	地点	年限	年限	地点	年限
4	39~49	50	143	25~35	2	15~35
6	24~34	51	149	27~32	3	14~16
7	37~40	53	72	33~37	5	19~26
9	36~45	54	130	24~31	6	20~23
10	14~19	55	80	19~27	7	17~19
11	37~46	57	108	22~35	8	16~30
12	21~28	58	93	30~39	10	14~16
13	28~38	62	69	34~42	12	28~37
14	24~33	63	195	22~31	13	34~42
15	27~36	65	136	27~35	15	22~35
16	22~35	67	132	19~37	16	14~15
17	34~42	68	147	34~41	18	22~31
18	27~35	69	104	34~42	19	30~34
19	32~40	70	123	24~29	20	27~35
20	26~36				21	29~36
21	24~32				22	30~32
22	34~42				23	37~45
25	22~31				24	30~39
26	39~48				25	47~60
27	39~49				26	37~42
28	30~39				27	38~50
29	28~36				28	18~20
31	37~45				30	35~49
32	10~15					
34	34~41					
35	26~35					
38	32~41					
40	24~29					
41	11~15					
43	14~19					
45	15~16					
46	16~20					
48	34~36					

第四章 成果展現-大霸線

第一節 環境概況

大霸尖山線過去為相當熱門之登山路線，過去因聯絡道路中斷，無法入山，自 2009 年下半年重新開放。

從登山口起至大霸尖山步道高度分布約 1250m 至 3400m。每隔 200 公尺設置一個樣點，步道全段共設置 54 個樣點。

自大鹿林道東線，由觀霧往東沿馬達拉溪北側而行，至上游境界山西側，18K 左右為大霸登山口。而大鹿林道顧名思義，為早年林木砍伐用途，因此原生木本植物較少，所見景觀多為台灣二葉松、香杉、紅檜、台灣扁柏與柳杉等造林地，而下層地被則多為高山芒，偶有夾雜零星的台灣檫樹。其餘較原始之次生林，向陽坡面多為台灣二葉松、台灣赤楊及栓皮櫟等，夾雜零星阿里山千金榆、台灣胡桃、台灣紅榨槭、尖葉槭或化香樹；背陽面分布高山新木薑子、大葉石櫟、赤皮等闊葉樹。

馬達拉溪登山口，海拔 1700 公尺，自馬達拉溪吊橋旁，一路之字腰繞向上，坡度陡，至 2500 公尺支稜前，林相均為針闊葉混淆林，針葉樹如紅檜、台灣扁柏；闊葉樹則以殼斗科的森氏櫟、長尾栲、短尾葉石櫟、校櫟；樟科的紅楠、漸尖葉新木薑子、高山新木薑子、變葉新木薑子等所組成。

接上支稜一路往 2700 公尺爬升，此時最上層林相轉變為台灣鐵杉、台灣二葉松、華山松、零星的扁柏及香杉，中層則仍由樟科、殼斗科等闊葉樹組成，而下層開始出現稀疏的森氏杜鵑。待行經一大段人造林後，森氏杜鵑的族群密度漸漸變高，腳下攀根錯結也都是其傑作。

此後坡度逐漸趨緩，表示已接上寬大的主稜，稜線上的植物相又稍有不同，檜木林逐漸不見蹤影，放眼望去較高者幾乎是台灣二葉松的天下，腳下的道路越走越平坦，身旁開始出現高山芒及玉山箭竹，這表示海拔 2699 公尺的九九山莊近在眼前。

而從九九山莊以後，高度都在 3000 公尺以上，風勢強勁，高大的森林不復見，轉為玉山箭竹佔據最優勢的生態環境，而高山的草本植物在此最為豐富，如台灣龍膽、阿里山

龍膽、台灣藜蘆、粉條兒菜、台灣繡線菊、白花香青、巒大當藥、玉山金絲桃、地刷子等，眾多植物在合適的月份皆可見其開花綻放。

上至以高度俗稱的 3050 高地，也是加利山的登山口，自此開始不論是走至伊澤山、加利山、中霸山屋以至大霸基，高度從 3000 至 3400 公尺，多為岩礫碎石灌叢或低矮箭竹草坡等地形，木本如刺柏、台灣馬醉木、高山杜鵑、紅毛杜鵑以及玉山圓柏等，但高度皆不高，伊澤山山腳下還有些許零星的冷杉；其餘地被植物，台灣龍膽、早田氏香葉草、曲芒髮草、大霸尖山酢漿草等。接近霸基則稍有變化，木本多為玉山圓柏，但因稜線風勢最強勁處，多成傾斜匍匐狀，草本則有高山烏頭、白梅花草、奇萊紅蘭、鹿藥、高山沙參、玉山金絲桃、玉山佛甲草、玉山蠅子草、玉山薄雪草、曲芒髮草，最優勢則仍為玉山箭竹。

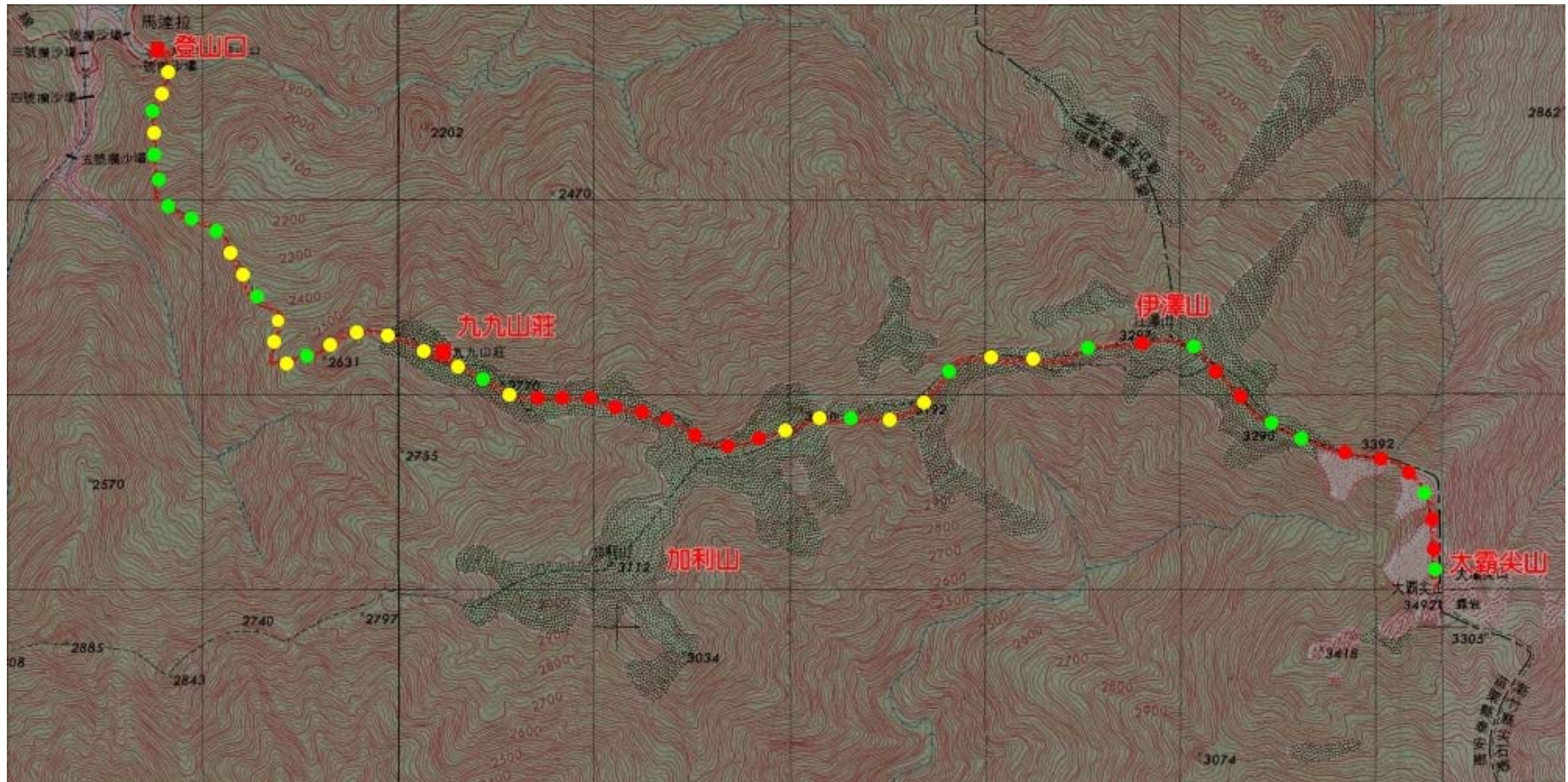
第二節 土壤侵蝕量之調查結果

本年度於五月及十一月各進行一次調查，下表為大霸線侵蝕量資料及分佈情形。

表 4 大霸線侵蝕量資料表

地點	侵蝕量	地點	侵蝕量	地點	侵蝕量
D1	34.44	D19	42.54	D37	48.63
D2	36.68	D20	43.32	D38	53.54
D3	56.70	D21	39.42	D39	46.23
D4	38.68	D22	47.86	D40	33.86
D5	58.34	D23	48.72	D41	92.61
D6	59.34	D24	194.88	D42	37.54
D7	60.66	D25	187.77	D43	82.24
D8	58.00	D26	149.57	D44	119.90
D9	61.60	D27	179.10	D45	154.36
D10	39.70	D28	160.93	D46	87.06
D11	41.48	D29	169.71	D47	49.61
D12	57.49	D30	161.53	D48	131.50
D13	36.25	D31	197.07	D49	127.70
D14	27.60	D32	186.02	D50	107.07
D15	39.71	D33	26.13	D51	86.44
D16	55.85	D34	25.92	D52	143.42
D17	44.34	D35	60.43	D53	120.41
D18	45.82	D36	28.51	D54	87.01

圖 8 大霸尖山線侵蝕量分佈圖



第三節 母岩可能深度推測之調查結果

母岩可能深度調查於五月間執行，於大霸線進行 54 處的簡易貫入試驗，下表為母岩可能深度推測表：

表 5 大霸線母岩可能深度推測表

地點	深度 (cm)	地點	深度 (cm)	地點	深度 (cm)
D1	130	D19	112	D37	152
D2	120	D20	121	D38	36
D3	44	D21	150	D39	97
D4	36	D22	23	D40	73
D5	99	D23	35	D41	55
D6	131	D24	78	D42	44
D7	20	D25	90	D43	90
D8	58	D26	123	D44	90
D9	110	D27	104	D45	17
D10	152	D28	132	D46	151
D11	30	D29	63	D47	65
D12	96	D30	152	D48	111
D13	56	D31	28	D49	7
D14	73	D32	97	D50	33
D15	23	D33	32	D51	129
D16	109	D34	101	D52	151
D17	37	D35	128	D53	115
D18	47	D36	133	D54	49

第四節 可能侵蝕深度推測

下頁為侵蝕量及母岩可能深度等數據推估之年限：

表 6 可能侵蝕深度推測表

地點	年限	地點	年限	地點	年限
D1	30~35	D19	33~39	D37	30~46
D2	35~45	D20	31~34	D38	28~29
D3	44~46	D21	25~36	D39	37~39
D4	36~45	D22	39~43	D40	27~39
D5	41~47	D23	40~31	D41	37~46
D6	43~45	D24	24~36	D42	34~39
D7	32~40	D25	10~19	D43	38~45
D8	35~42	D26	17~20	D44	27~30
D9	32~45	D27	27~34	D45	15~26
D10	15~34	D28	13~20	D46	35~49
D11	40~45	D29	8~13	D47	50~56
D12	40~47	D30	18~27	D48	20~37
D13	41~39	D31	15~19	D49	17~19
D14	37~39	D32	20~25	D50	13~25
D15	36~38	D33	40~49	D51	34~39
D16	30~36	D34	37~47	D52	39~49
D17	32~39	D35	39~45	D53	35~39
D18	34~39	D36	39~43	D54	37~55

第五章 建議事項

第一節 步道管理與維護

國家公園的成立係為保護國家特有之自然風景、野生物及史蹟，並供國民之育樂及研究，而步道正串起人與大自然的介面，然而當步道的整修維護過當時，反而會導致自然景緻上的破壞。另一方面，當步道失去引導人群行走的功能，或是步道的整理維護不當時，卻又容易造成植生與地表土壤的破壞，因此步道工程如何調和自然景觀與兼顧自然生態保護實屬難題。

目前調查範圍的兩條步道均已有簡易的步道工程，以排水設施為主，少數為階梯設施。然而長年在雨水沖刷及遊客行走之下，部份設施因土壤沖刷情形嚴重已有崩壞現象產生，建議下表幾處優先處理：

地點	里程範圍	狀況
雪山東線	3.5~4.0, 4.1~4.3	複線化，侵蝕嚴重
雪山東線	8.3, 8.5	樹根裸露嚴重
大霸線	5~6, 9.5, 10.4	複線化，侵蝕嚴重
大霸線	8.1~8.4	樹根裸露嚴重

短期內可利用高山志工的人力資源，針對上述路段（脆落且侵蝕大）實施登山道修復作業。可利用沙包作為暫時性設施，減緩侵蝕及沖刷。長期則宜由管理處針對上述路段整理整頓，一方面可減緩步道沖蝕現象，另一方面也可有效保障登山者的安全。

第二節 環境教育與宣導

目前在國外的研究指出登山者的行為會加劇登山步道的侵蝕與擴大，目前雪霸國家公園均已在三條步道設立解說牌告知登山客應行走於步道，勿離開步道以免踐踏植生造成植物死亡，且勿行走於捷徑，以免造成侵蝕加劇。

然而目前仍有登山客圖方便而使用捷徑，影響水土保持。

此外，隨著戶外運動的發達，登山器材普及及登山安全及健康照護觀念的提昇，目前使用登山杖人口越來越多。在日本的研究指出，登山杖的尖端易破壞土壤表層，挖蝕容易造成土壤鬆動，因此目前日本登山界普遍推動登山杖尖端加蓋的觀念，以減緩人為影響層面所造成的步道沖刷。

因此建議管理處可於登山宣導影片或是透過高山志工駐站值勤時加強宣導上述觀念，亦可順便推行 LNT 概念，輕減山林的負擔，創造人與自然共和共生的環境。

參考書目

中文部分

- 彭育琦，1997，塔塔加地區步道衝擊及其影響因子之研究，東海大學景觀所碩士論文
- 楊南郡，1991，雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查研究報告，內政部營建署
- 劉吉川，2003，北大武登山步道之土壤踐踏監測，行政院農委會林務局委託研究計畫系列 91-00-6-01
- 劉吉川，2002，登山步道概述，台灣林業 28(1)，77-81
- 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
- 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
- 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季刊，6(4):1-40 39.
- 劉儒淵，1993，踐踏對玉山國家公園高山植群衝擊之研究，台大森林所博士論文
- 劉儒淵，1995 塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究台灣大學研究報告季刊 9(3):1-19 42
- 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
- 劉儒淵、陳嘉男、賴明洲. 2002. 奧萬大森林遊樂區步道衝擊之研究. 國立台灣大學農學院實驗林研究報告 15(4)：249-271.
- 劉儒淵、黃英塗，1989，遊樂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季刊，3(2):33-51
- 賴明洲、薛怡珍，2002，雪霸國家公園雪山主峰線之承載量研究，生態學雜誌，22(1)：94-96

日文部分

- 秋本圭一、服部進、岡本厚 1998，CCD カメラを用いた大型構造物の3次元精密計測，計測制御學會學術演講會論文集，P177-178
- 秋本圭一、服部進、井本治孝 2002，ECDS との比較による画像の精度確認，日本寫真測量學會平成 14 年度年次學術演講會發表論文集，P291-296

沖慶子，2001，大雪山國立公園、黒岳石室周邊における登山道の保全のための研究，北海道大學大学院環境科學研究科修士論文
奥村武信、小松原悦夫、田中一夫 1986，大山夏山登山道の侵蝕状況に関する考察，鳥取大學農學部演習林研究報告，16：97-104
後藤忠志，1993，大雪山、北八甲田山における登山道の侵蝕，北海道大學大学院環境科學研究科修士論文

環境省自然保護局 2002・平成 13 年度国立・国定公園における登山道のあり方検討調査報告書・財団法人自然環境研究センター・234pp・

愛甲哲也、中島 康子、浅川 昭一郎，〈キャンプ利用が植生及び土壌へ及ぼす影響について〉，《環境情報科学論文集》，11，環境情報科学センター，1997，P201-206

小野有五、依田明実、後藤忠志，〈登山道の侵蝕について〉，《森林航測》，161，1990，P15-19

浅川昭一郎，〈大雪山国立公園における歩道調査について〉，《大雪山国立公園における登山道調査報告書》，国立公園協會，1996，P13-22

渡邊悌二、深澤京子，〈大雪山国立公園,黒岳七合目から山頂区間における過去七年間の登山道の荒廃とその軽減のための対策〉，《地理学評論》，71A:10，日本地理學會，1988，P753-764

英文部分

Bayfield, N. G. (1971) Some effects of walking and skiing on vegetation at Cairngorm. In: Duffey, E. and Watt, A.S. (eds) The Scientific Management of Plant and Animal Communities for Conservation. Blackwell, Oxford, UK, pp. 469-485.

Bayfield, N.G. (1973) Use and deterioration of some Scottish hill paths. Journal of Applied Ecology, 10, 639-648.

Brattom, S. P., Hickler, M. C. and Graves, J. H. (1979) Trail erosion patterns in Great Smoky Mountains National Park. Environmental Management, 3, 431-445.

Cole, D. (1987) Research on soil and vegetation in wilderness: A state-of-knowledge review. In Proceedings-National Wilderness Research Conference: Issues, State of Knowledge, Future Directions. (pp.135-177) INT-220.

Cole D. N. (1991). Changes on trails in the Selway-Bitterroot Wilderness, Montana, 1978-1989. Research Paper INT-212. Ogden,

- UT:USDA Forest Service, Intermountain Research Station. 5p.
- Cole, D. N. (2004). Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: A review. In R. Buckley (eds) Environmental impacts of ecotourism (pp, 41-59). CAB International.
- Crawford, A.K & Liddle, M.J. (1977). The effect of trampling on neutral grassland. *Biological Conservation*. 12: 135-142.
- Doucette, J. E. & Kimball, K. D. (1990) Passive trail management in northeastern alpine zones: A case study. In: More, T. A.; Donnelly, M. P.; Grafe, A. R.; Vaske. J. J. (eds), *Proceedings of the 1990 Northeastern Recreation Research Symposium* (pp,195-201), Saratoga Springs, NY.
- General Technical Report NE-145. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station
- Gerald, G.. G.. (1990) Technique for assessing erosion risk from mountain footpaths. *Environmental Management* Vol. 14(6):793-798.
- Hall, C. N. & Kuss, F. R. (1989) Vegetation alteration along trails in Shenandoah National Park, Virginia, *Biological Conservation*, 48, 211-227.
- Jewell, M. C. & Hammit, W. E. (2000) Assessing soil erosion on trails: A comparison of techniques. In Cole, D. N., McCool, S. F., Borrie, W. T., O'Loughlin, J. (eds). *Wilderness science in a time of change conference- Vol.5: Wilderness ecosystems, threats, and management* (pp.133-140); 1999 May23-27: Missoula, MT. *Proceedings RMRS-P-15-VOL-5*. Ogden, UT: USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Leung, Yu-Fai. & Marion, J. L. (1996). Trail degradation as influenced by environmental factors: A state-of-the knowledge review. *Journal of Soil and Water Conservation* Vol. 51(2): 130-136
- Leung Yu-Fai & Marion J. L. (1998) Evaluating spatial qualities of visitor impacts on recreation resources: An index Approach. *Journal of Applied Recreation Research*, 23(4):367-389.
- Leung, Yu-Fai & Marion, J. L. (1999). Assessing trail conditions in protected areas: Application of a problem-assessment method in Great Smoky Mountain National Park, USA. *Environmental Conservation*, 26(4), 270-279.
- Leung, Yu-Fai & Marion, J. L.(2000). Recreation impacts and management in wilderness: A state-of-knowledge review. In Cole, D. N., McCool, S. F., Borrie, W. T., O'Loughlin, J. (comps.) 2000. *Wilderness*

science in a time of change conference- Vol.5: Wilderness ecosystems, threats, and management (pp.23-48); 1999 May23-27: Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Ogden, UT: USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Liddle, M.J. (1975a) A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. *Biological Conservation*, 7, 17-36.

Liddle, M.J. (1975b) A theoretical relations between the primary productivity of vegetation and its ability to tolerate trampling. *Biological Conservation*, 8, 251-255. Liddle, M.J. & Greig-Smith, P. J. (1975) A survey tracks and paths in a sand dune ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 12, 893-930.

Liddle, M.J. and Thyer, N. (1986) Trampling and fire in a subtropical dry sclerophyll forest. *Environmental Conservation* 13, 33-39

Marion, J. M. & Cole, D. N. (1989) Evaluating recreation impacts: A multi-faced research design. *Park Science* Vol. 9(2):23-24.

Marion, J. L. & Leung, Yu-Fai (2001). Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques. *Journal of Park and Recreation Administration*, 19(3), 17-37.

Sun, D. & Walsh, D. (1998) Review of studies on environmental impacts of recreation and tourism in Australia. *Journal of Environmental Management* Vol. 53:323-338.

Weaver, T. & Dale, D. (1978). Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. *Journal of Applied Ecology*, 15,451-457.