

編號：9505

雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測(二)  
—以雪山東線、四秀線為例

執行機關：中華民國國家公園學會

研究主持人：李彥樑

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

民國九十五年十二月

# 目錄

圖目錄 .....	II
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 .....	8
壹、田野調查工作 .....	8
第三章 成果展現-雪山線 .....	20
第一節 環境概況 .....	20
第二節 土壤侵蝕量之調查結果 .....	20
壹、登山口至七卡山莊 .....	20
貳、七卡山莊至 4K 觀景平台 .....	23
參、4K 觀景平台至 7.1K 三六九山莊 .....	25
肆、7.1K 三六九山莊~10.9K 雪山主峰 .....	27
第四章 成果展現-四秀線 .....	29
第一節 現況描述 .....	29
第二節 土壤侵蝕量之調查結果 .....	29
壹、聯絡線 A(桃山登山口-桃山山頂) .....	29
貳、聯絡線 B(池有登山口-池有山山頂) .....	31
參、主線品田山-桃山山頂 .....	32
肆、主線桃山山頂-喀拉葉山 .....	34
第五章 討論與建議 .....	35
參考書目與附錄 .....	38

# 圖目錄

圖 1	調查範圍圖—雪山東線	3
圖 2	調查範圍圖—武陵四秀線	4
圖 3	Cole 的步道斷面積測量方式	8
圖 4	數位攝影解析流程圖	10
圖 5	攝影取樣方式 A	12
圖 6	攝影取樣方式 B	13
圖 7	初期基準點的製作	14
圖 8	基準點的製作	14
圖 9	三角網的製作與調整	15
圖 10	DTM 的製作與調整	16
圖 11	基準點的選擇	17
圖 12	座標系的統一	18
圖 13	侵蝕量計算程序	19
圖 14	雪東線侵蝕量現況圖(0K~2K)	22
圖 15	雪東線步道侵蝕現況(2K~4K)	23
圖 16	雪東線侵蝕量現況圖(2K~4K)	24
圖 17	雪東線步道侵蝕現況(4K~7.1K)	25
圖 18	雪東線侵蝕量現況圖(4K~7.1K)	26
圖 19	雪東線侵蝕量現況圖(7.1K~10.9K)	28
圖 20	四秀桃山線侵蝕量現況圖	30
圖 21	四秀池有山線侵蝕量現況圖	31
圖 22	新達山屋後方草坡侵蝕現況	32
圖 23	品田山-桃山土壤侵蝕現況圖	33
圖 24	桃山-喀拉葉山土壤侵蝕現況圖	34

# 摘要

關鍵詞： 土壤侵蝕、步道截面、Kuraves

## 一、研究緣起

本案係為九十四年度雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測(一)之延續計畫，調查地點以武陵地區之雪山東線及武陵四秀為主。

近年來由於戶外人口需求日益增加，國人對於戶外活動需求日益增加，景色優美且自然景觀豐富的山區為主，前往山區進行戶外休閒活動已經越來越普遍。其中又以深入且可以觸及國家公園核心的登山步道最受登山客及健行者重視及青睞。

因此登山步道是每個山岳型的國立公園都會面臨的管理問題。登山步道的管理及規劃上除了解說牌示及方向指示牌外，登山步道的侵蝕也應該是被重視的一環，這一類遊憩生態學領域在國內外已累積相當多成果，目前在雪霸國家公園境內亦以開始著手進行相關調查。

雪霸國家公園管理處已在多處步道已設立排水設施、木棧道來減少侵蝕，而然卻一直缺乏土壤侵蝕的基礎資料來供作施工參考及施工後的成效檢定。因此希望透過步道土壤侵蝕的監測，將有助於步道的經營與管理，提升國家公園內的遊憩品質。

本調查計畫之目的在於建立步道沿線所設立樣點之土壤侵蝕基礎資料，並建立土壤侵蝕斷面積之 3D 影像，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。

## 二、研究方法及過程

本調查將長期在同樣的樣點上蒐集資料，以第一次蒐集(九十四年度)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，延續九十四年度所設立之樣點，透過攝影的方式紀錄步道侵蝕狀況，室內作業則是利用 Kuraves-K 軟體來合成模擬步道侵蝕 3D 影像，可完整呈現及清楚顯示土壤侵蝕狀況。

今年度並在雪山東線設置四組地溫記錄器及一組土壤溼度計，期能瞭解氣候及環境上的影響。

### 三、調查結果

本調查主要為計算步道土壤侵蝕量，利用攝影的方式來測量樣點的截面積。本調查區域為雪霸國家公園武陵地區的雪山東線及武陵四秀線。調查時間為 2006 年 6 月、8 月及 10 月。雪山線資料收集次數為兩次，武陵四秀為乙次。

雪山東線步道海拔位於 2000m~3866m，全長為 10.9km，平均坡度仍為 13，與九十四年度相較並無明顯差異，寬度在 1.12m~3.77m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.43cm。

武陵四秀步道海拔高度位於 1700m~3500m 之間，主線從品田山至喀拉葉山共 8.9km，聯絡線 A 池有山登山口至三叉營地為 3.5km，聯絡線 B 桃山登山口至桃山為 4.5km，平均坡度分別為，16，14，11，寬度大約在 0.8m~2.2m，平均每單位寬度侵蝕為 0.39cm，較九十四年度增加 0.04cm。

### 四、主要建議事項

新達山屋至品田前峰之路徑土壤侵蝕為本計畫調查中最为嚴重之處，建議優先考慮步道養護。

遊客眾多之雪山東線，近兩年來侵蝕速率大致相同，唯發現部份路段排水設施因與路幅不合，影響排水功能，除對步道造成影響之外，亦對排水設施本身造成影響，造成排水設施損壞，建議進行步道維修之時，應改善排水設施與路幅不合之問題。

為了能更了解長期的影響與衝擊，建議可利用目前固定觀測樣點，繼續進行長期且定期的調查分析來掌握步道環境的變化。且來年可以依據近兩年之侵蝕資料，並進行步道表土土壤厚度探測，確實掌握步道壽命，可更準確進行防治措施。

## ABSTRACT

### Erosion of Mountain Hiking Trail in Shei-pa National Park, Taiwan (II)

This survey was at Wuling Area of Shei-pa National park, aiming to explore the impact an erosion of two hiking trails-SheyShan course and Shisho course. Morning was carried out from June to October 2006. This survey was carried out by digital photogrammetry to measure the amount of soil erosion.

Some rudimentary conclusions are as follows:

1. According to data , results indicate that the average difference of trail transect for 1cm width within 5 months is 0.43cm in Sheyshan course, 0.39cm in Shisho course.
2. The most impartment serious is at 0.7K to 1.6K in Shisho course.

Some suggestions were offered to the authorities concerned to minimize the impact of trail erosion in the management.

Keywords: mountain trail, soil erosion, digital photogrammetry

# 第一章 緒論

## 第一節 計畫緣起與研究目的

人們對於森林或國家公園之遊憩需求近年來持續增加，大自然遊憩使用的發展一定會對自然環境造成一定的負面的影響，遊憩所造成的衝擊量遠超過自然復原的能力。為了自然環境的永續經營，就必須對於遊憩使用方式、使用量特別加以管理，遊憩使用所造成的環境衝擊也需要長期監測。管理單位也必須對遊憩所帶來的負面影響加以評估並提出管理經營對策。

在台灣，國家公園、國家森林遊樂區與國家風景區因此常成民眾的首選。其中步道是提供民眾遊憩活動中最常被使用的設施，透過步道的連結才能使得民眾親近大自然，進行多樣化的活動與體驗，例如賞鳥、環境教育等等。然而遊客行進於步道時，不免對自然環境造成某種程度的改變，甚至破壞。因此如何提供有品質的休閒活動與兼顧自然資源的保護一直是步道經營管理的重點。所以在自然資源永續發展與遊憩發展共存的前提之下，我們有必要去了解遊客在步道上的行為對自然環境生態造成何種程度與何種型態的衝擊。

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，國內在這方面亦已累積不少相關研究，但雪霸國家公園境內尚未有相關的調查。這一類遊憩生態學主要著眼於過度且密集的遊憩使用，步道與營地是常被關注的焦點。登山步道的土壤侵蝕可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，來發現日益增多的登山人口是否對登山步道造成衝擊，而衝擊是否隨之擴大。

本調查案為延續九十四年度步道監測計畫（一），繼續針對雪霸國家公園目前最常被利用的雪山東線及武陵四秀線進行調查。

本調查計畫之目的在於建立步道沿線所設立樣點之土壤侵蝕基礎資料，並建立土壤侵蝕斷面積之 3D 影像，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。

## 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武陵地區的兩條主要登山步道，雪山東線及武陵四秀線。

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。

武陵四秀線調查範圍包含自池有山登山口至三叉營地 3.5 公里、桃山登山口至桃山山頂 4.5 公里，以及品田山至喀拉葉山山頂之 8.9 公里。



圖 1 調查範圍圖－雪山東線

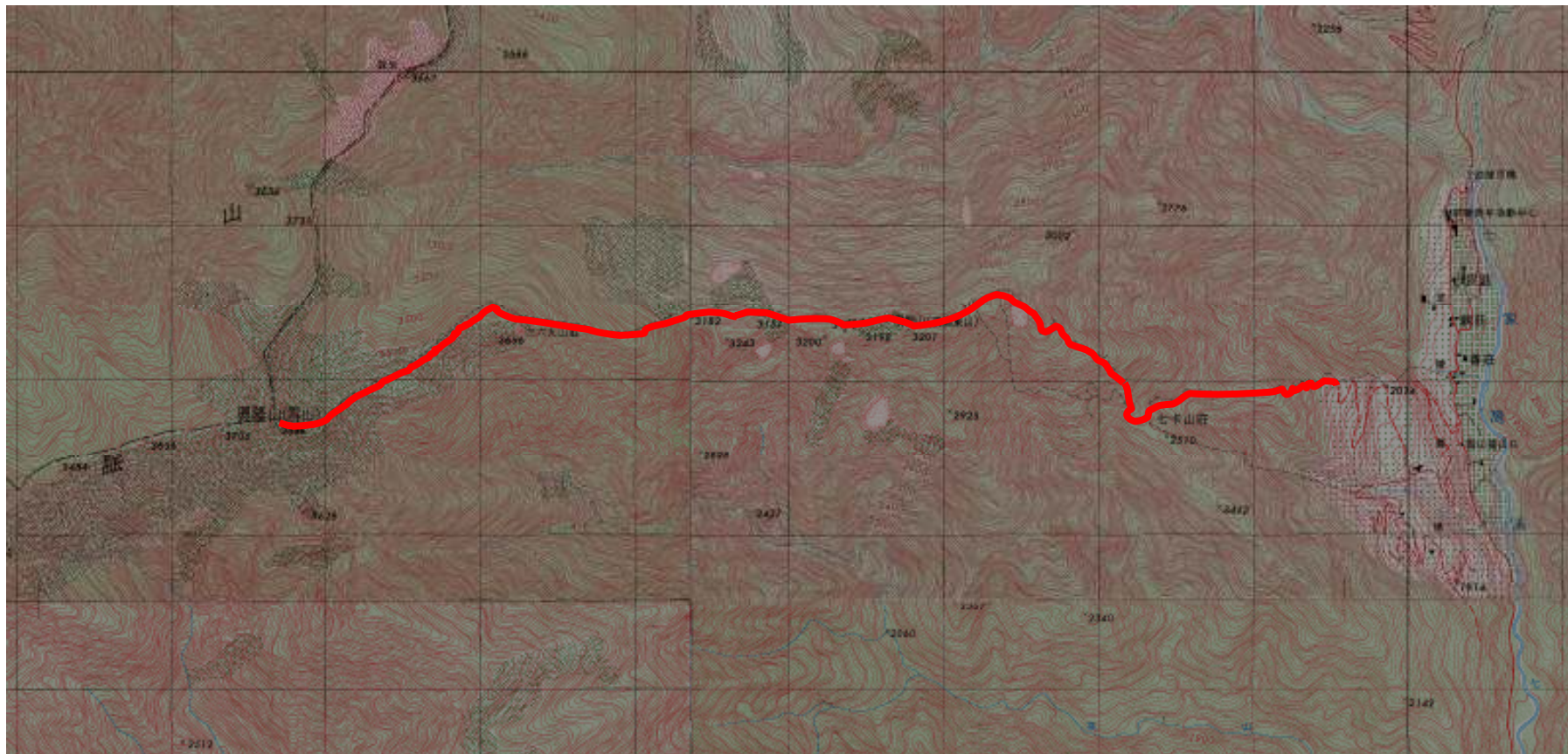
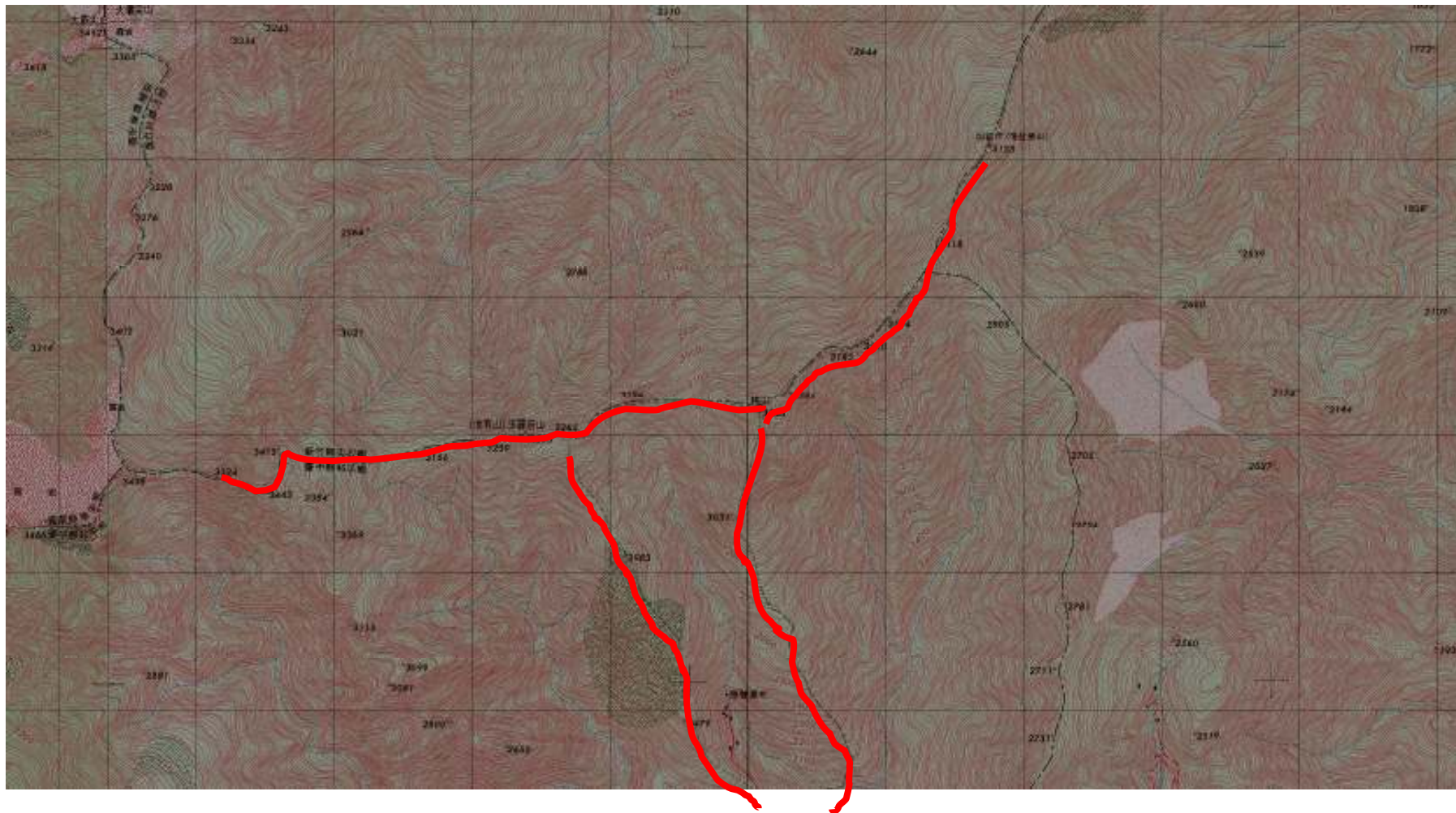


圖 2 調查範圍圖—武陵四秀線



## 貳、研究內容

本調查計劃將針對步道土壤侵蝕之監測，因此不討論其它遊憩衝擊現象。本調查計畫主要內容為：

- 一、調查步道土壤侵蝕之現況。
- 二、建立步道土壤侵蝕現況之基礎資料。
- 三、比對九十四年度與九十五年度資料的差異。

本調查將持續性定期紀錄步道上所設立樣點之土壤流失及踐踏的狀況。

## 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武陵地區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。而定期監測衝擊程度，則可據以修正管理策略。

### 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)(劉儒淵 1989)。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，觀察樣區遭受衝擊的程度，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，透過攝影的方式紀錄步道侵蝕狀況，室內作業則是利用 Kuraves 軟體來合成模擬步道侵蝕 3D 影像，以完整而清楚地呈現土壤侵蝕之狀況。

### 壹、田野調查工作

步道侵蝕量過去多以線與鉛錘來進行斷面積測量（圖 3），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



所謂的攝影測量，最為人知的莫過於解析空中或地面拍得的照片，重現其實體模型並取得空間資料，以此來繪製地形圖。進行照相測量攝影時大多使用測量專用的高價相機，而在解析時也需要特殊技術的機器。不過若是採

用市面販售的數位相機，就可以用較低的成本來進行資料解析。數位攝影測量目前在日本所使用的軟體，有 Kuraves-K（倉敷紡績株式會社），3D-MODE（株式會社三次元 Media），3DiVision（東京電機大學近津研究室）等。本研究以使用 Kuraves-K 來提來進行計測的作業。

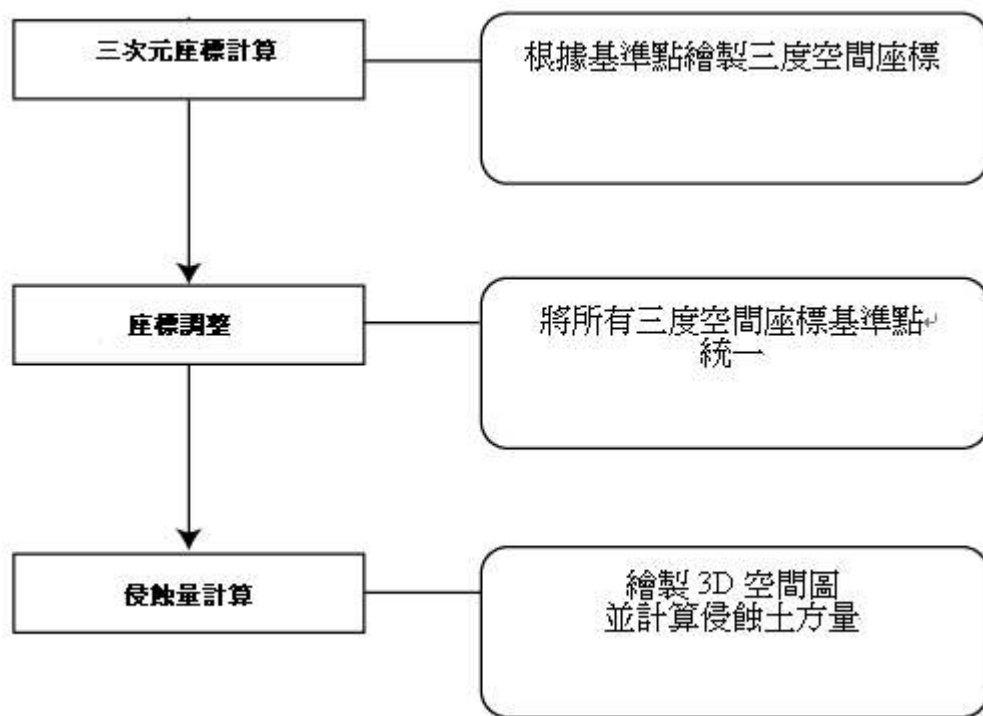
(一) 應用數位照相測量登山步道的三次元計測流程

登山步道計測作業可分為圖像取得與圖像解析兩大部分。

在圖像取得的部分，首先選定所使用的機材，包括相機與鏡頭，並使用相機校正用紙，取得鏡頭的焦距與歪斜度的系數。接下來設定田野的樣點，決定拍照位置與照相枚數、基準尺、以及平面基準(根據DTM<sup>1</sup>的座標來決定)，然後拍下登山步道變化前與變化後的情況。

至於圖像解析的部分如圖4所示。

圖4 數位攝影解析流程圖



將照相傳入電腦後，利用 Kuraves-K 進行三次元座標的計算，製作出DTM，其概要程序如下：找出兩張照片同一位置的基準點，計算出拍照位置。應用 Kuraves-K 時，只要找出八個以上的基準點，即可算出拍照位置。計算完拍照位置後，藉由增加基準點來取得三次元的座標。依使用目的取得足夠

<sup>1</sup> DTM: Digital Terrain Model



的基準點後，輸入距離基準與平面基準，以調整座標系。不同日期（例如一年後）所拍得的照片也以同樣的方式作出DTM。完成變化前後的DTM後，以變化前的DTM座標系為基準，據以統一變化後的DTM座標系。最後利用軟體的圖面化工具，將變化前後的DTM疊在一起，拉出斷面切線，計算侵蝕量。

## （二）各作業程序

### 1. 機材選定

首先準備好數位相機、鏡頭、三腳架、麥克筆。數位相機以CCD大（畫素數值高）的為佳，雖然倉敷紡績株式會社建議使用一百五十萬畫素，不過在考慮到有效畫素會降低的情況下，五百萬以上的畫素是必要的。鏡頭以28mm以上的廣角鏡頭為佳。由於歪斜度愈大精度愈低，因此須選擇歪斜度小的鏡頭，從這點來考量的話，單眼數位相機是較佳的選擇。本調查案所採用的單眼數位相機為CANON 350D，約八百萬畫素。三腳架選高一點的為佳。麥克筆是用來點在樁的尖端上，便於日後在照片上尋找基準點。

### 2. 調查地點設定

先選定要調查的地點，在登山步道的兩側各打一個樁。樁條使用L型的鋁條。一張照片所收納的範圍約2—3公尺。兩次觀測期間隔超過一年時，樁位可能會因冬天冰雪積壓或其他因素產生變動，所以樁條要儘量打得深一點。

為求距離與平面基準，先將箱尺放在登山步道中央，利用水準器將之調整至水平狀態。拍照時必須小心不要讓箱尺影響到侵蝕量。為了解析時便於找點起見，將麥克筆放置四周。

### 3. 登山步道拍照

#### (1) 拍照程序

拍照依登山步道的規模與狀況大致分為三類。在寬度三公尺以下的登山

步道，由於可從近距離拍攝樣點全貌(圖 5)，因此可直接面向登山步道行進方向拍照。而寬度三公尺以上的登山步道，由於無法將之放入一張照片內，因此採分割的方式拍照，例如圖 6 分為左側相片(相機位置 a1, a2, a3)與右側相片(相機位置 b1, b2, b3)。若是登山步道中央有島狀的土塊，則將登山步道分割為二拍攝。被分割的圖像須各別製作其 DTM，之後再將兩個 DTM 結合在一起。無論用任何方法拍照，為求保險起見，同一個方向最好照兩到三張。

圖 5 攝影取樣方式 A

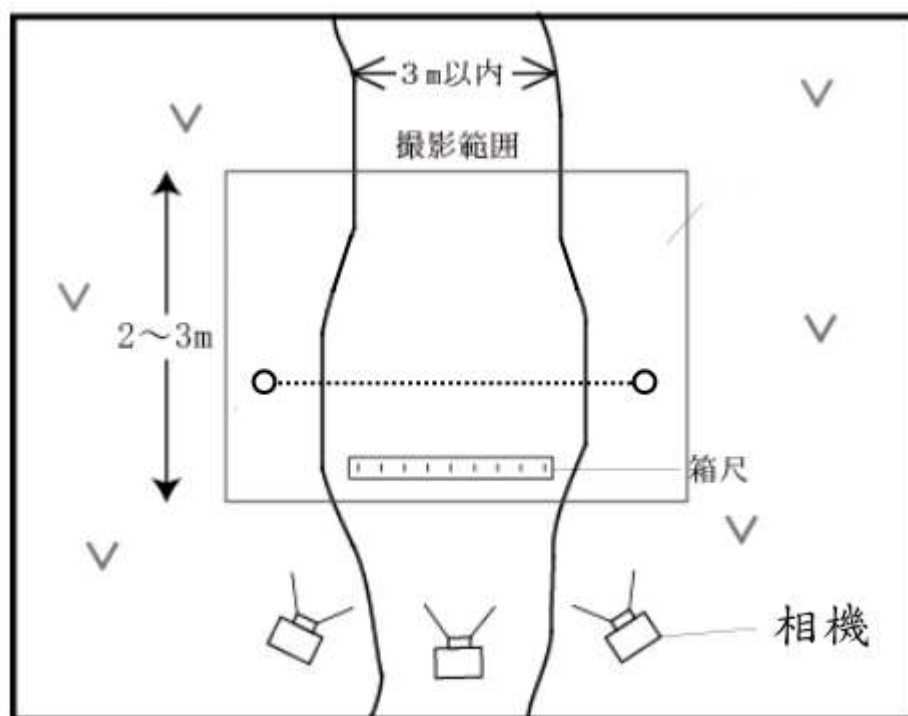
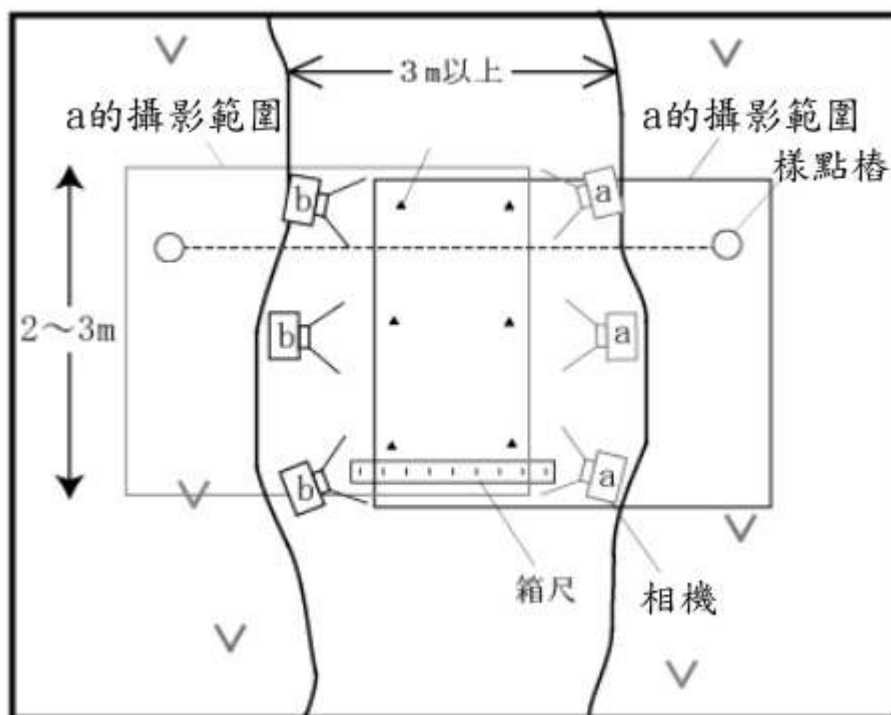


圖 6 攝影取樣方式 B



(2) 拍照時的注意事項

照相的基線長太長的話，會造成圖像解析的基準點作業上的困難，但是若是基線太短，三次元座標計算的誤差也會變大。在測量侵蝕量時，以拍照距離二公尺，基線長 50—100 公分為基準較佳。

在拍照時也須避免畫質粗劣、搖晃、圖像過暗或過亮等問題。為減少失敗的可能性，最好微幅移動相機的位置，每個點取得十張以上的照片。

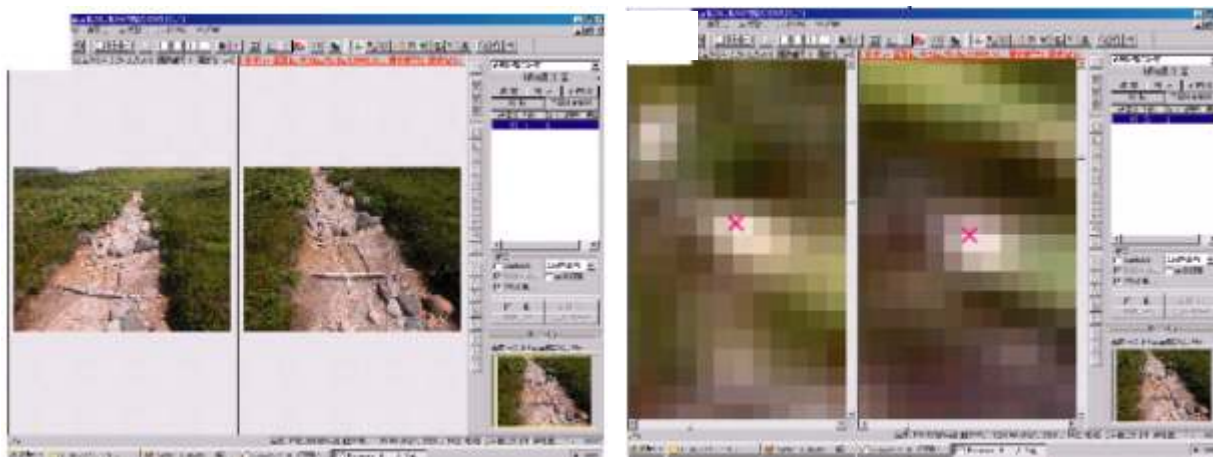
4. 三次元座標計算

(1) 初期基準點的製作與拍照位置的計算

三次元座標計算的程序如圖 7 所示。首先將兩張變化前的照片輸入電腦，利用 Kuraves-K 找出兩張照片對應的點（初期基準點），初期基準點可選定麥克筆的記號或是石頭的角度，初期基準點選得不正確或是空間配置偏移

的話，就會降低拍照位置計算的精度。初期基準點應選八個以上以便計算拍照位置。

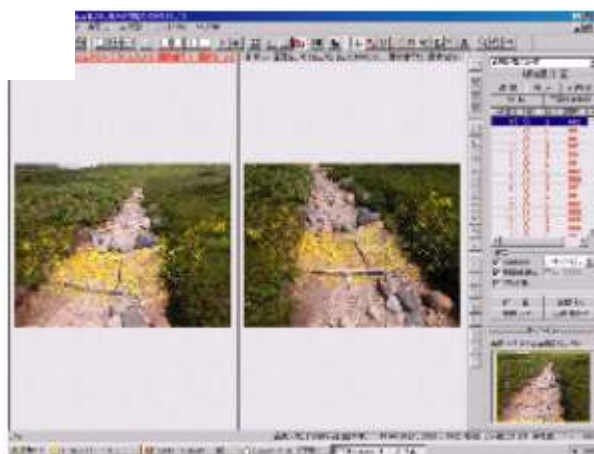
圖 7 初期基準點的製作



(2) 基準點的製作

接著增加基準點（圖 8），為了正確表現出登山步道的形狀，起伏小的登山步道約 300 個點，起伏大的登山步道則約需 500 個左右的點。

圖 8 基準點的製作

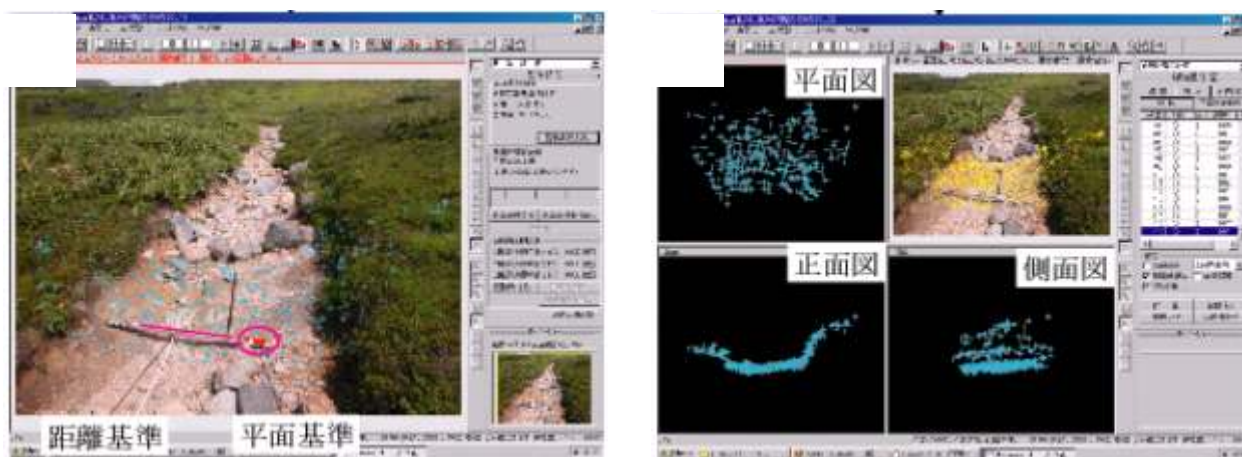


### (3) 基準設定、面設定

基準設定分為距離設定與平面設定。距離設定乃是選定箱尺刻度上的兩個點，利用「點間基準長設定」來進行。平面設定則是在箱尺上選定三個點，利用「平面鉛直基準座標設定」進行。

至於面的設定，按了「三角網作成」之後就可以自動製作出三角網。若是作出的三角網無法正確展現出登山步道的形狀，則以刪除或追加三角網的方式來修正。完成了三角網的調整後，就可以得到 DTM (圖 9)。

圖 9 三角網的製作與調整



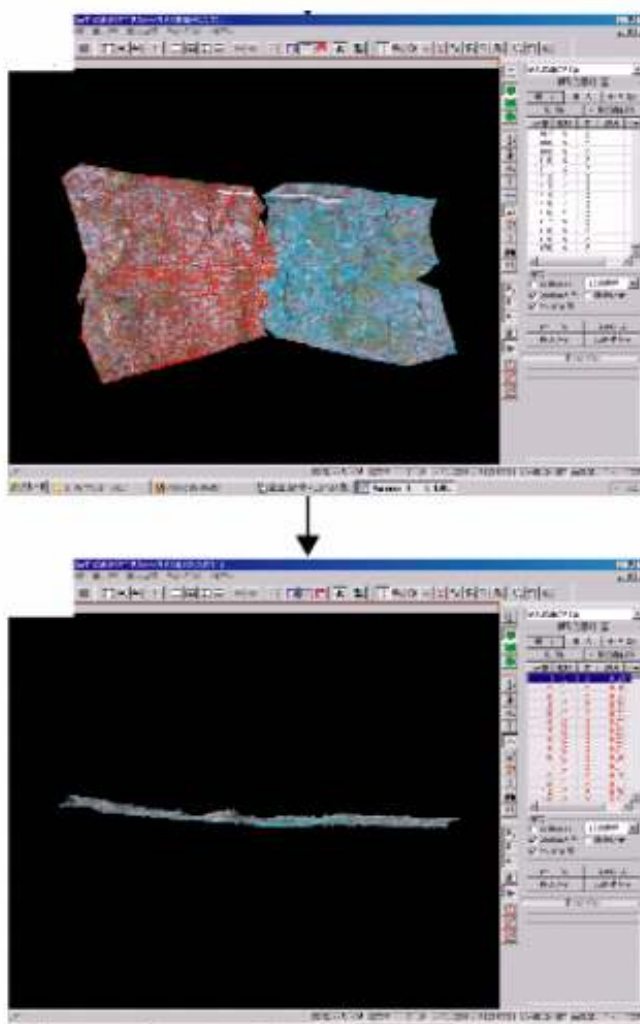
### (4) DTM 的接合

如圖 5 無法在一個 DTM 內顯示的情況，就必須作 DTM 的接合。接合的方法乃是先找出兩個 DTM 中都存在的點，以其中一個 DTM 為基準，與另一個 DTM 組合在一起。

首先在 Kuraves-K 上同時開啟待接合的 DTM 檔案。在此的例子是指左側的 DTM 與右側的 DTM。找出兩個 DTM 共通點並作基準點，在此我們稱其為接合點，接合點必須要三個以上。麥克筆與箱尺的角等易於辨識的點是不錯的選擇。作完接合點後，從檔案選單中進行接合資料的輸入作業。如此一來，圖像的外側就會顯示出接合作業所作出的基準點。在這個階段只完成了 DTM

的接合，三角網仍是未接合狀態的。在此，必須削除重疊的三角網，並重新製作三角網。經由三次元鳥瞰圖確認三角網的接合作業後，就完成了新的DTM（圖10）。

圖 10 DTM 的製作與調整



(5) 三次元座標計算時的注意事項

三次元座標計算時最重要的事莫過於找到八個以上的基準點，以提高拍照位置計算的精度。而為求基準點的正確性，在一開始基準點位置的選擇是很重要的。基準點的選擇必須涵蓋圖像的上下左右與遠近（從 3D 來看的話，必須涵蓋 x, y, z 軸三個不同向度）。拍攝時只要稍稍改變拍照角度，圖像就會有很大的不同。在圖像上看起來為同一點，實際上往往是有點距離的。因此最好倚賴麥克筆的記號之類明顯的點。基準點製作時還須注意儘量不要選擇圖像上過遠的點，以免產生的誤差。（圖 11）

圖 11 基準點的選擇



### 5. 三次元座標的統一

製作完變化前與變化後的DTM，將變化前後登山步道檔案並列於Kuraves-K上，在兩個DTM上選出四個基準點為不動點。所謂的不動點指的是就算經過時間的變化依舊不會變動的點。本調查選定的不動點為當初所打的樁以及通常不太會移動的大岩石。製作完不動點後，以變化前的DTM為基準，將其三次元座標情報輸出成CSV檔案。打開變化後的DTM檔案，並利用基準設定模式打開剛剛的CSV檔案，經由不動點的指定，將變化前與變化後的登山步道調整成同一個座標系(圖12)。

圖12 座標系的統一

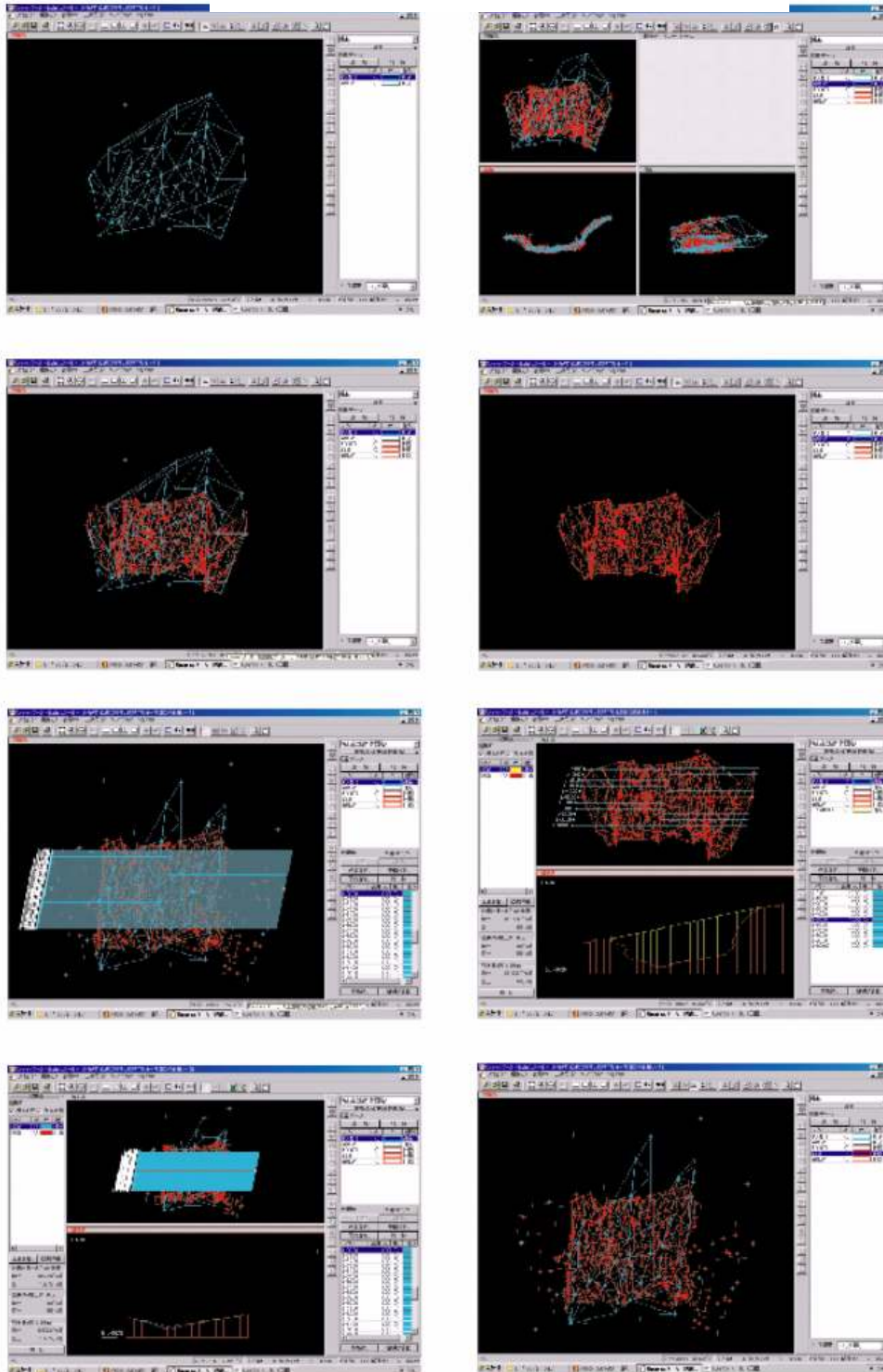


### 6. 侵蝕量的計算

侵蝕量的計算程序如圖13所示。在計算侵蝕量時須使用到Kuraves-K的附屬應用軟體(圖面化工具)。在此之前，先將變化前後的登山步道檔案存成KVL檔案。在圖面化工具中打開變化前的登山步道檔案，接著將存成KVL檔案的變化後登山步道檔案輸入成計畫圖層，然後把兩個DTM疊在畫面上。將兩個DTM上植被部分的三角網剷除，這部分的作業也可先於Kuraves-K下完成。以登山步道兩端的樁為端點拉出水平線，水平線上每5公分再拉出垂直線。根據土量計算得到侵蝕量或者是再堆積量。



圖 13 侵蝕量計算程序



## 第三章 成果展現-雪山線

### 第一節 環境概況

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，步道全段共設置 100 個樣點。今年六月及十月各測量一次，以九十四年度的測量值為基準。但是有 21 個樣點的鋁樁遭到破壞，因此實際有效的量測點為 79 個。平均坡度為 13，步道寬度在 1.12m~3.77m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.39cm。

比對九十四年測量值，平均坡度部份並沒有改變，步道寬度由 3.72cm 增加至 3.77cm，表示部份絡段有擴張，平均每單位侵蝕量也從 0.33cm 增加至 0.43cm，顯示侵蝕有比去年嚴重。

### 第二節 土壤侵蝕量之調查結果

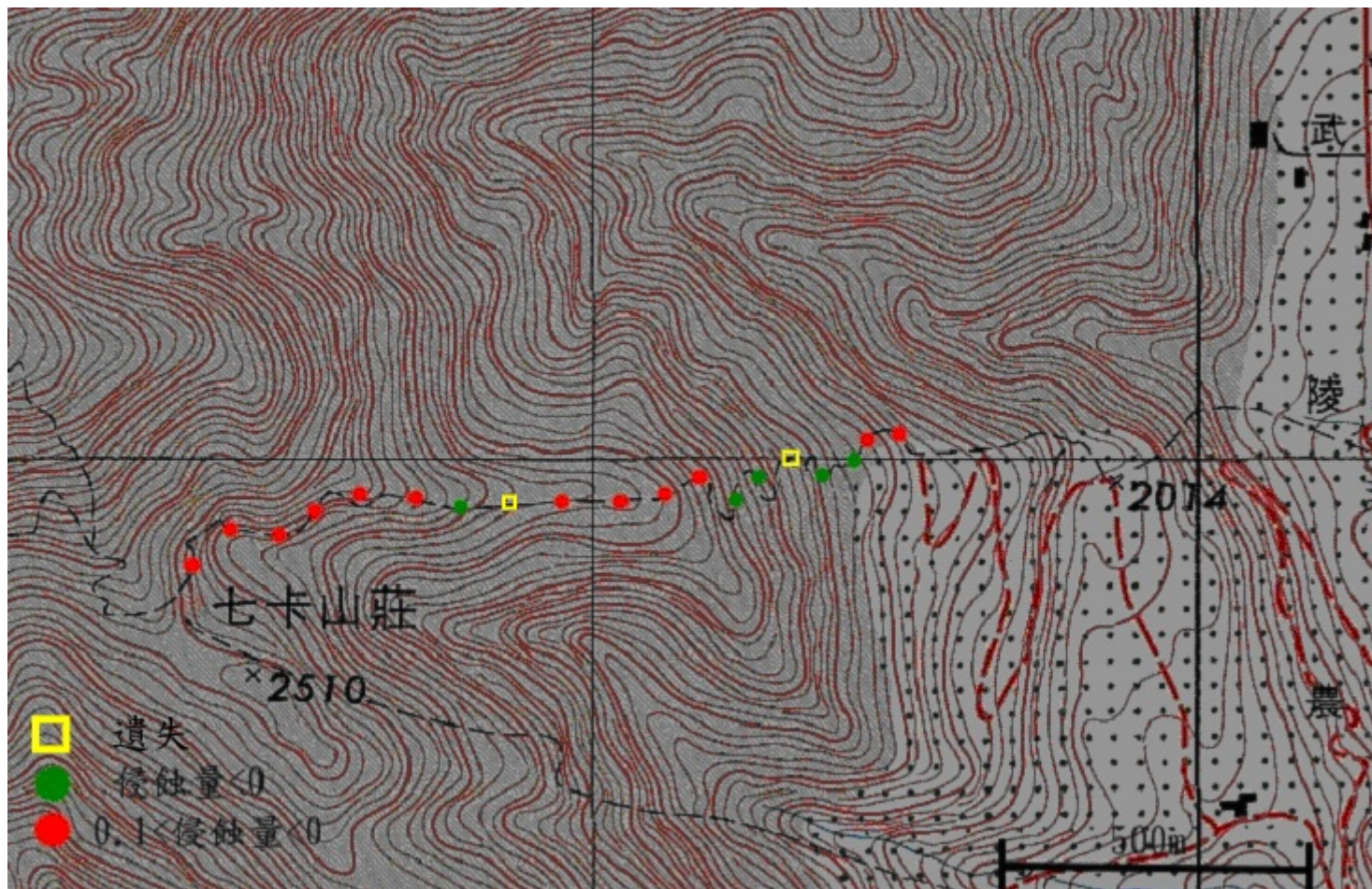
#### 壹、登山口至七卡山莊

登山口至七卡山莊距離為兩公里，有效樣點有 17 個。平均坡度為 9，步道寬度在 1.12m~2.53m 之間，平均每單位侵蝕量的寬度侵蝕為 0.10cm。

此路段因為採用石階為主要的步道工法，因此侵蝕量非常輕微，但由於石階對登山客來說，舒適度較低，因此可以發現石階靠近山崖側較會出現裸

露的土壤，靠山壁側由於植物覆蓋度良好，對步道原先裸露的部份產生良好的保護作用，因此侵蝕相當不明顯。

圖 14 雪東線侵蝕量現況圖(0K~2K)



## 貳、七卡山莊至 4K 觀景平台

七卡山莊至 4K 觀景平台距離為兩公里，有效樣點 16 個，平均坡度為 15°，步道寬度在 1.2m~2.34m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.57cm。

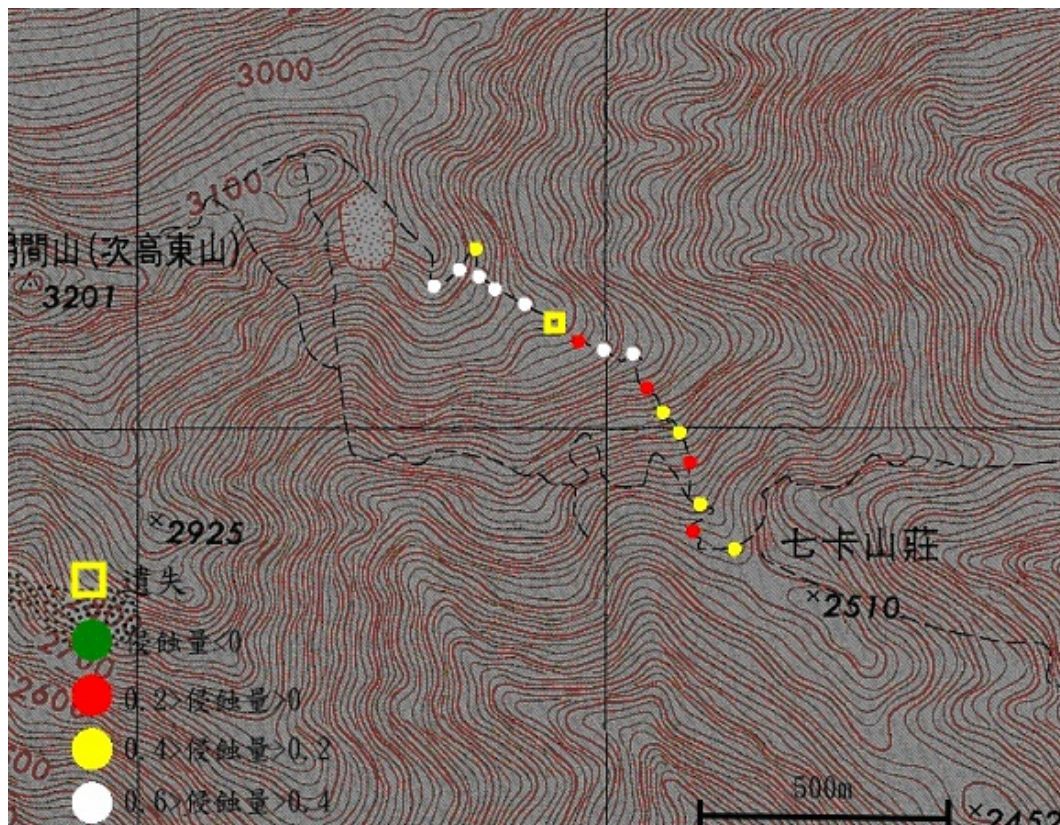
本路段仍如同去年之測量值一樣，自 3.5K 至 4K 間的土壤侵蝕相當嚴重（圖 16），並且有加劇的現象，去年度平均每單位寬度侵蝕量為 0.41cm，但是今年已加深為 0.57cm，部份路段因裸露石頭甚多，甚至相當難以行走，又由於沖蝕現象顯著，如 3.6K~3.9K 間，登山客多放棄行走原先登山道，改而行走較好走的複線步道。

此路段推測是由於 3.5K 以上均以玉山箭竹為主，因此土壤被雨水直接沖刷情形相當嚴重，部分路段已出現複線化情形（圖 16）。測量時也發現，已有排水設施已經崩壞，建議應加強維護作業。

圖 15 雪東線步道侵蝕現況(2K~4K)



圖 16 雪東線侵蝕量現況圖(2K~4K)



### 參、4K 觀景平台至 7.1K 三六九山莊

此路段效樣點為 24 個，平均坡度為 10，步道寬度在 1.32m~3.77m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.53cm。

此路段以哭坡路段步道土壤的侵蝕最為嚴重，石礫因沖刷的關係均散佈於步道之上。

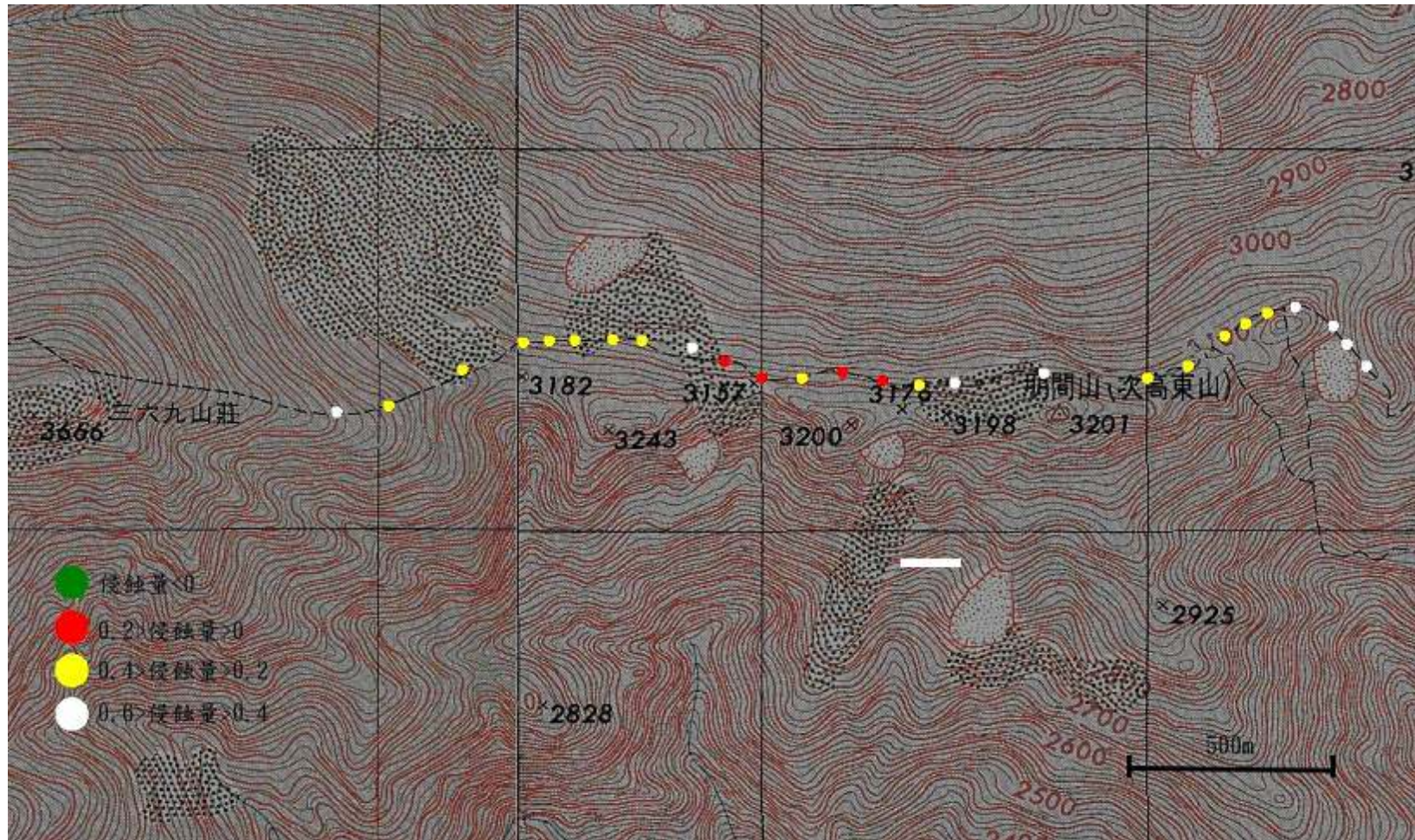
相較於九十四年測量的結果，步道寬度由 3.72cm 增加至 3.77cm，平均每單位寬度侵蝕由 0.38cm 大幅增加至 0.53cm

5K 至 7.1K 三六九山莊間步道雖平緩，但是由於高度較高及部份路段位於背陽側，在勘查期間有發現土壤凍拔作用，此路段林相亦以箭竹為主，因此土壤侵蝕亦嚴重，主要集中於東峰前後路段。

圖 17 雪東線步道侵蝕現況(4K~7.1K)



圖 18 雪東線侵蝕量現況圖(4K~7.1K)



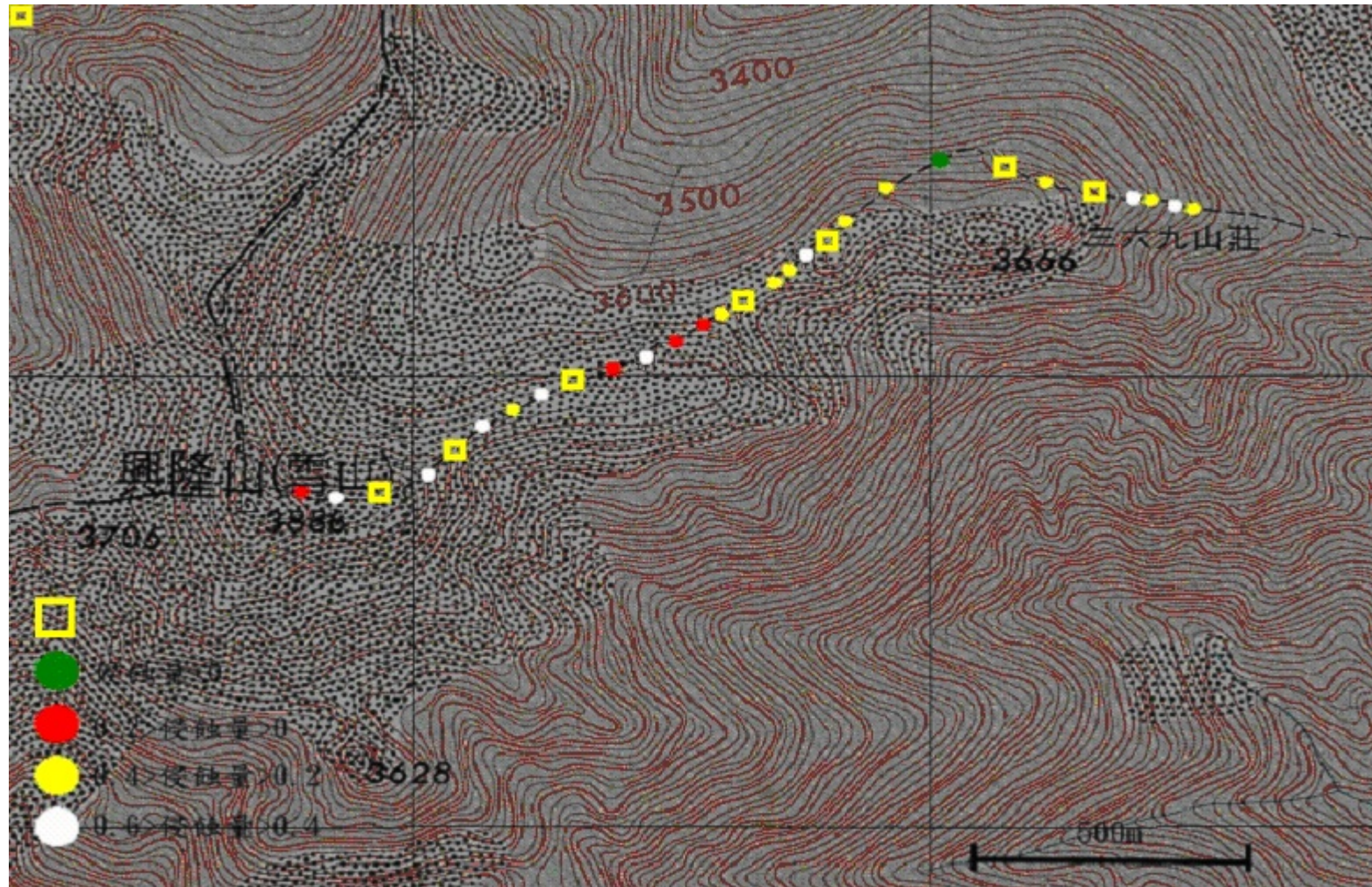


#### 肆、7.1K 三六九山莊~10.9K 雪山主峰

7.1K 三六九山莊~10.9K 雪山主峰間包含了三六九山莊後的之字坡、黑森林及圈谷三個區域，此路段效樣點 22 個，平均坡度為 17，步道寬度在 1.2m~3.2m 之間，平均每單位寬度侵蝕為 0.52cm。較嚴重的路段仍是集中於三六九山莊後方的之字坡。黑森林路段則由於路跡較不明顯，所以複線化情形相對嚴重。

相較於去年度，步道侵蝕狀況也變得嚴重，由去年的 0.40cm 增加為 0.52cm。步道寬度由 3.2cm 增加到 3.12cm。

圖 19 雪東線侵蝕量現況圖(7.1K~10.9K)



## 第四章 成果展現-四秀線

### 第一節 現況描述

四秀線主線從品田山至喀拉葉山共 8.9km，聯絡線 A 池有山登山口至三叉營地為 3.5km，聯絡線 B 桃山登山口至桃山為 4.5km，平均坡度分別為，16，14，11，寬度大約在 0.8m~2.2m，平均每單位寬度侵蝕為 0.39cm。與九十四年度相較，寬度僅增加 0.1cm，每單位寬度侵蝕量為 0.21cm。

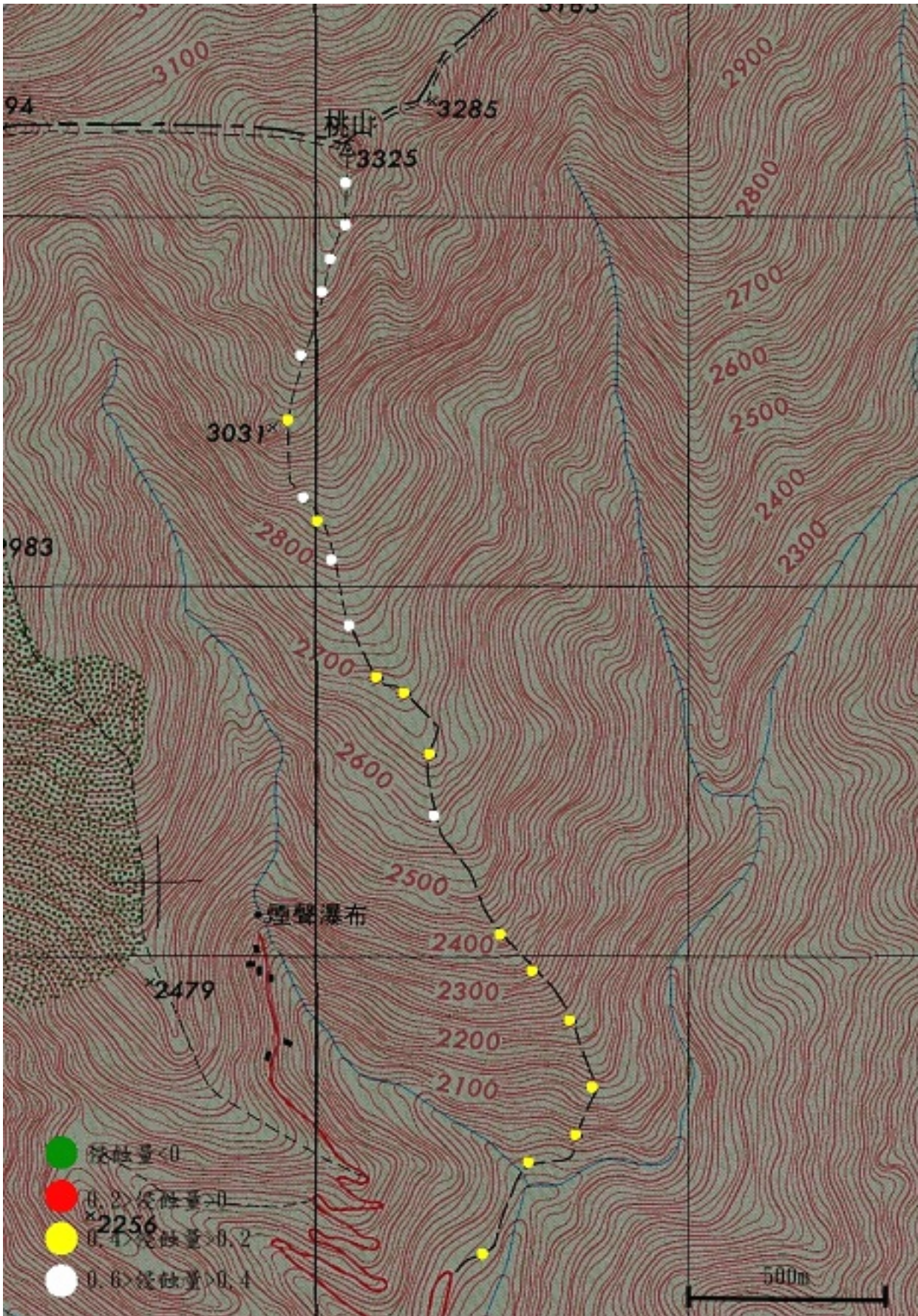
### 第二節 土壤侵蝕量之調查結果

#### 壹、聯絡線 A(桃山登山口-桃山山頂)

此路段長 4.5 公里，高度自 1930m~3332m，步道主要沿防火道陡升，平均坡度為 16，平均每單位寬度侵蝕為 0.45cm。有效樣點為 21 個。

主要步道遭受侵蝕區域集中仍是接近桃山主峰一帶，該處林相以箭竹為主，再加上坡度相當陡峭，因此土壤沖刷情形相當嚴重

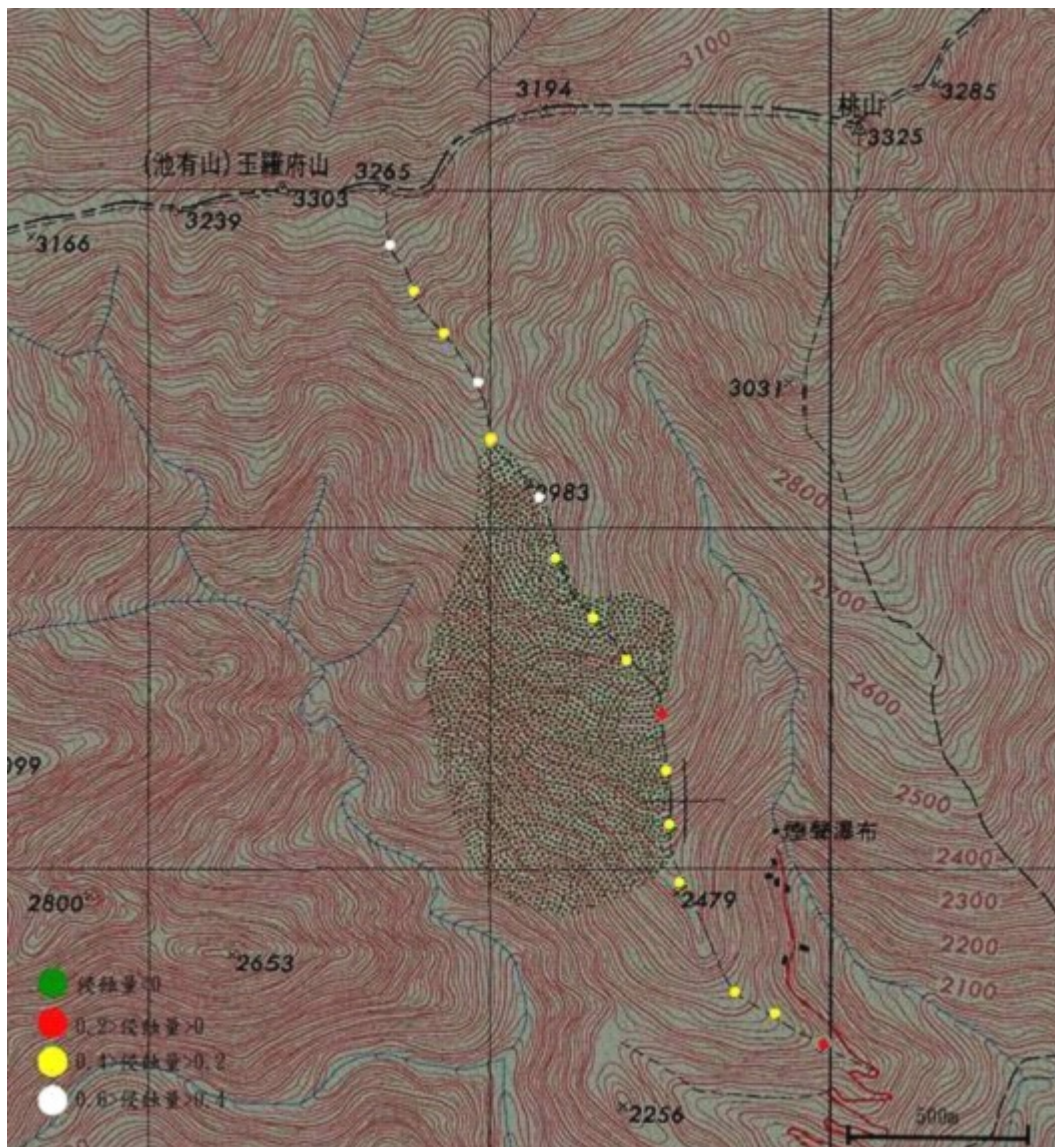
圖 20 四秀桃山線侵蝕量現況圖



## 貳、聯絡線 B(池有登山口-池有山山頂)

此路段長 3.5 公里，高度自 2210m~3215m，步道沿稜線陡昇，平均坡度為 14，平均每單位（五公分）寬度侵蝕為 0.36cm。本線有效樣點為 16 個。主要侵蝕路段為 2K 之後，石礫裸露的情形亦相當嚴重。

圖 21 四秀池有山線侵蝕量現況圖



### 參、主線品田山-桃山山頂

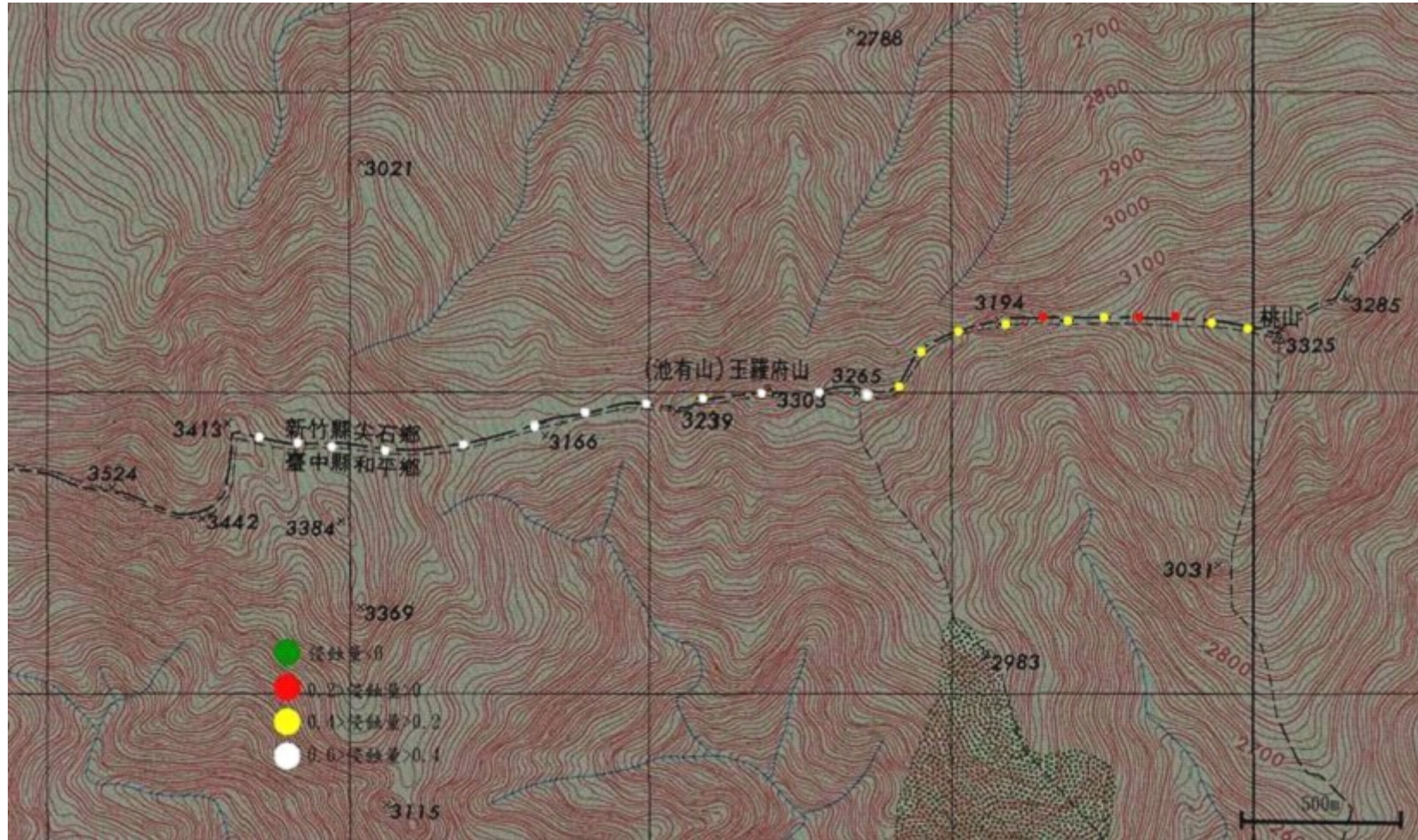
此路段長 5.4 公里，由於樣點設置受限於地形之緣故，故僅從 0.7K 開始設置，自 0.7K~5.4K 共設置 23 個樣點，高度自 3196m~3325m，平均坡度為 11，平均每單位寬度侵蝕為 0.59cm。

主要侵蝕路段為新達山屋（1.6K）至 0.7K 間箭竹草坡之後，土壤沖刷及複線化相當嚴重，甚至有路段已向下沖刷達 2 公尺（圖 23）。

圖 22 新達山屋後方草坡侵蝕現況



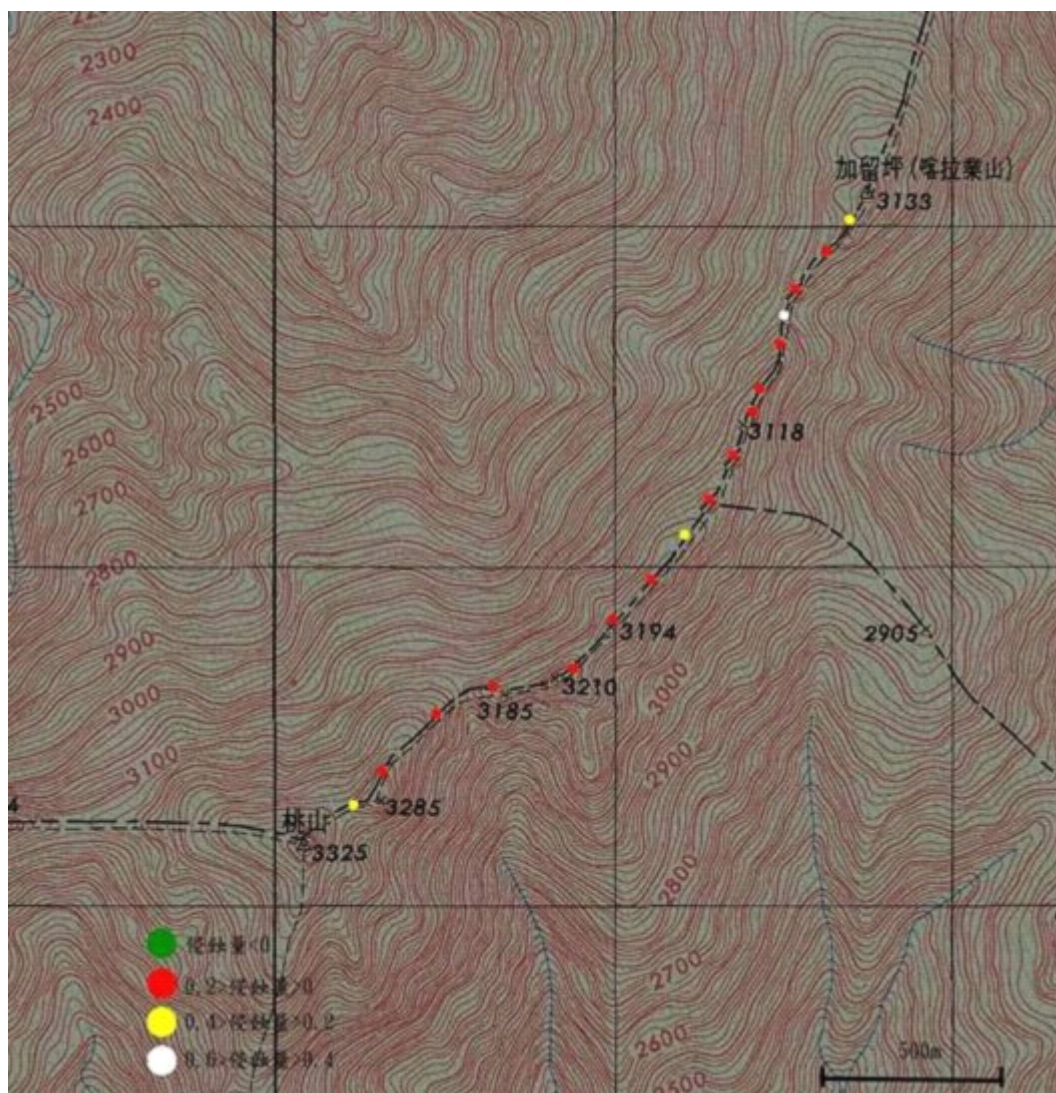
圖 23 品田山-桃山土壤侵蝕現況圖



### 肆、主線桃山山頂-喀拉葉山

此路段長 3.5 公里，里程碑為 5.4K~8.9，共設置 17 個樣點，高度自 3105m~3313m，平均坡度為 10，平均每單位寬度侵蝕為 0.18cm。土壤沖刷並無特別集中於某個區域。

圖 24 桃山-喀拉葉山土壤侵蝕現況圖





## 第五章 討論與建議

### 壹、日本登山道維護工法

目前日本所使用步道的維護設施大致有：

#### (一) 木道

位於山岳的濕原中最常被使用的設施，使用年限依設置地點的天候條件，使用的木材而有所不同，一般使用年限約 5~7 年。

#### (二) ターンパイク (turnpike)

多使用於較平緩的地方，類似軌道，中間使用較大顆的礫石以利排水。不過由於礫石用量很大，設置區間通常不長。

#### (三) 敷石・間詰め (rock treadway)

多使用於潮濕泥濘的步道或是樹根裸露的場所，並可以有效的減輕步道複線化及擴大。

#### (四) 土留め階段 (steps)

坡度較陡的步道經常使用這種工法，目前在台灣山區也經常被使用，能夠有效減緩水流，減少侵蝕，不過由於施工設計不良，常會造成階梯下方或是側邊造成侵蝕。

#### (五) 蛇籠 (gabion, wire cylinder)

蛇籠本來多利用於河川，現在也被日本拿來在侵蝕相當嚴重的步道，不過對於景觀上的衝擊相當大。

#### (六) 排水設施 (water bar, ditch)

這是較簡易的排水設施，目前雪山步道也很常見，一般排水棒與登山道

角度約與 20~40 度，日本運用相當普遍，是減緩侵蝕相當重要的關鍵。

(七) ジオテキスタイル工法 (geotextile)

利用不織布來覆蓋於登山道的兩側，減緩兩側的侵蝕及植被復育之用。

(八) 近自然登山道工法

目前於鹿兒島縣・屋久島，北海道，德島縣，山梨縣等地有這一類的新式工法實施，強調運用現場的地形與素材來整理登山步道，對於人工的設施盡量減少。

其主要的概念來自於登山道受到侵蝕之後，便形成一條「水路」，因此登山道的整修能夠把「水路」處理好，就能夠減少登山道的侵蝕，也因此把日本傳統河川施工的方式導入，因此在近自然登山道工法之中利用石材的比例很高，不僅可以成功減緩水流，並且對景觀視覺衝擊較小。

圖 25 北海道愛山溪步道整修(渡邊悌二攝)



## 貳、建議事項

### 一、優先養護維修路段

新達山屋至品田前峰之路徑土壤侵蝕為本計畫調查中最为嚴重之處，建議優先考慮步道養護。

雪山步道 3.5K~4K 因排水設施以遭到損壞，且步道深度為雪東步道之冠，因此建議優先考慮步道養護。

### 二、其他建議事項

遊客眾多之雪山東線，近兩年來侵蝕速率大致相同，唯發現部份路段排水設施因與路幅不合，影響排水功能，除對步道造成影響之外，亦對排水設施本身造成影響，造成排水設施損壞，建議進行步道維修之時，應改善排水設施與路幅不合之問題。

新達山屋至品田山一帶，建議設立告示牌示，提醒民眾步道侵蝕嚴重，行走時應注意己身安全，以免發生意外。

建議於登山口或於網站呼籲民眾：

1. 進行登山裝備及糧食的輕量化，可減少負重對步道的負擔。
2. 建議民眾盡量減少於尖峰時段入山，分散於平日，不僅可減少山區的負荷，並可充分享受登山時樂趣。
3. 建議民眾盡量避免雨季上山，可減緩土壤侵蝕。

為了能更了解長期的影響與衝擊，建議可繼續利用目前固定觀測樣點，繼續進行長期且定期的調查分析來掌握步道環境的變化。且來年可以依據近兩年之侵蝕資料，並進行步道表土土壤厚度探測，確實掌握步道壽命，可更準確進行防治措施。

# 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, 日本写真測量学会平成 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, 北海道大學大學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狀況に関する考察, 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, 北海道大學大學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壤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, 〈登山道の侵食について〉, 《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

Cole, D. N. 1983. Assessing and monitoring backcountry trail conditions. Research paper. INT / United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 303: 1-10.

Hart, J. (1977). Walking softly in the wilderness: the Sierra Club guide to backpacking. San Francisco: Sierra Club Books. 436 p.

Hart, P. (1980). New backcountry ethic: Leave no trace. American Forests. 86(8):38-41, 51-54

Hendricks, W. W., & Watson A. E. (1999). Wilderness educators' evaluation of impact monster program. Res. Pap. RMRS-RP-15. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 12 p.

Kuss, F. R., Grafe, A. R., & Loomis, L. (1986). Plant and soil responses to wilderness recreation: A Synthesis of previous

- research. In Proceedings-National Wilderness research conference: Current Research: 129-133. USD A Forest Service GTR-INT-212.Ogden, UT, Intermountain Research Station: 553 p.
- Leung, Y. F., & Marion J. L. (1999b). Assessing trail conditions in protected areas: An application of a problem-assessment method in Great Smoky Mountain National Park, USA. Environmental Conservation. 26(4):270-279
- Teiji Watanabe ,〈 Management of Mountail National parks by local communities in Japan 〉 ( 未發表 ) , 2003
- Warner , W · S · 1995 · Mapping a three-dimensional soil surface with hand-held 35mm photography · Soil and Tillage Research , 34 : 187-197 ·
- Warner , W · S · and Kvaerner , J · 1998 · Measuring Trail Erosion With A 35mm Camera · Mountain Research and Development , 18 : 273-280 ·